

**JUHA ESKOLIN**

# **SUURTEN PUURAKENTEIDEN ARKKITEHTONISET OMINAISUUDET**

**TAMPEREEN YLIOPISTO  
RAKENNETUN YMPÄRISTÖN TIEDEKUNTA  
VÄITOSKIRJA 105**



Tampereen yliopiston väitöskirjat 105

JUHA ESKOLIN

# **SUURTEN PUURAKENTEIDEN ARKKITEHTONISET OMINAISUUDET**

Käytäntöä painottava tutkimus puurakenteen visuaalisen muodon ja merkityssisällön kehittämiseksi.

AKATEEMINEN VÄITÖSKIRJA

Esitetään Tampereen yliopiston Rakennetun ympäristön  
tiedekunnan tiedekuntaneuvoston suostumuksella julkisesti  
tarkastettavaksi Tampereen yliopiston Rakennustalon  
auditorio RG 202, Korkeakoulunkatu 5, Tampere,  
Tampere, 30.08.2019, klo 12





## AKATEEMINEN VÄITÖSKIRJA

Tampereen yliopisto, Rakennetun ympäristön tiedekunta

Vastuuohjaaja ja Kustos	Associate professor Markku Karjalainen	
	Tampereen yliopisto	
	Suomi	
Esitarkastajat	TkT Jari Heikkilä	TkT Matti Kuittinen
	Suomi	Aalto yliopisto
		Suomi
Vastaväittäjä	TKT Vesa Ijäs	
	Suomi	

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkistettu Turnit OriginalityCheck -ohjelmalla.

Copyright ©2019 Juha Eskolin

Kannen suunnittelu: Juha Eskolin

ISBN 978-952-94-2190-9

ISBN 978-952-03-1194-0 (verkkojulkaisu)

ISSN 2490-0028 (verkkojulkaisu)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1194-0>

PunaMusta Oy – Yliopistopaino

Tampere 2019

# Esipuhe

Tämän tutkimuksen aiheena on puurakentaminen, erityisesti suurten puurakenteisten liikuntahallien rakentaminen. Tavoitteena on selvittää, millaisia mahdollisuuksia suuret puurakenteet tarjoavat liikuntahallien arkkitehtoniselle suunnittelulle.

Kiinnostukseni aiheeseen heräsi lisensiaatintyöni Puurakenteinen liikuntahalli (2001) yhteydessä. Siinä selvitin lähinnä puurakenteiden teknisiä ominaisuuksia. Tutkimuksessa käsitelin sitä, miten eri puurakennejärjestelmillä ja eri tavalla valmistetuilla puumateriaaleilla voidaan suunnitella liikuntahallien käyttöön sopivia suuria puurakenteita. Työssäni kartoitin 56 sillä hetkellä tiedossa ollutta suomalaista puurakenteista liikuntahallia sekä 54 ulkomaista puurakenteista liikuntahallia. Tarkastelin liikuntahalleihin soveltuvia erilaisia puurakenteisia ulkoseiniä ja yläpohjarakenteita. Lisäksi tarkastelin eri suunnitteluohjeistusta ja niiden vaikutusta liikuntahallien suunnitteluun, kuten palo-, kosteus-, LVI-tekniikka-, ääni- ja valaistusnormeja.

Kartoituksessa saadut esimerkit osoittivat, että liikuntahallien arkkitehtonisissa ominaisuuksissa oli suuria eroja. Selvittämättä jäivät kuitenkin se, miten suurten puurakenteiden arkkitehtonisia ominaisuuksia voidaan hallita, ja käsitys siitä, miten suunnitteluprosessi oli edennyt onnistuneiden puurakenteisten liikuntahallien kohdalla. Näihin kysymyksiin pyrin vastaamaan tässä tutkimuksessa.

Aloitin tutkimuksen Tampereen teknillisen yliopiston arkkitehtuurin osastossa. Työtä ohjasivat rakennussuunnittelun emeritusprofessori Unto Siikanen ja professori Kari Salonen. Samalla sain työskennellä neljä vuotta (2003–2006) tutkijana valtakunnallisessa Moderni puukaupunki -tutkijakoulussa. Tutkijakoulua rahoitti Suomen Akatemia, ja sen pääpaikkana oli tuolloin Oulun yliopiston arkkitehtuurin osasto.

Työ eteni esitarkastusvaiheeseen keväällä 2007. Samaan aikaan arkkitehdin ammattiurollani tuli eteen lukuisia suunnittelutehtäviä, jotka alkoivat viedä kaiken käytettävissä olevan ajan ja tutkimustyön loppuunsaattaminen siirtyi aina vain eteenpäin. Syksyllä 2017 keskustelin Tampereen yliopiston arkkitehtuurin yksikön rakennusopin Associate professor Markku Karjalaisen kanssa tutkimustyön ja väitöskirjan saattamisesta valmiiksi. Hän suhtautui myönteisesti työni aiheeseen ja rakenteeseen sekä suostui työn ohjaajaksi.

Arvioimme tutkimustyön tilannetta suhteessa nykypäivään ja totesimme sen olevan edelleen ajanmukainen eräitä lähtökohtia päivittämällä.

Haluani kiittää ohjaajiani ja Moderni puukaupunki -tutkijakoulun johtajaa, professori Jouni Koiso-Kanttilaa, sekä tutkijakoulun seminaarilaisia kaikesta kannustuksesta ja tuesta tutkimusprosessin kuluessa. Kiitän myös dosentti Timo Keski-Petäjää laadullisen tutkimuksen menetelmiin liittyvistä neuvoista ja dosentti Seppo Auraa, joka on kanssani pohtinut käytäntöpainotteisen väitöskirjan rakennetta, kommentoinut työn sisältöä ja auttanut tutkimustekstin rakenteessa.

Olen saanut tutkimukseeni rahoitusta myös opetusministeriön liikunta- ja vapaa-ajan osastolta, Turun kaupungin liikuntapalvelukeskukselta, LATE-rakenteet Oy:ltä ja Wood Focus Oy:ltä. Parhaat kiitokset tuesta.

Viimeaikaiset kiitokset menevät luonnollisesti työn tämän hetkiselle ohjaajalle, Associate professor Markku Karjalaiselle, joka kannusti löytämään tutkimustyön tärkeyden uudestaan. Niin ikään kiitokset suomen kielen professorille Jari Sivoselle, joka auttoi lopullisen kirjoitus-asun viimeistelyssä.

Yhtä lailla kiitokset väitöstyön viimeistelyyn kuuluvasta oleellisten asioiden esiin nostamisesta ja niiden terävöittämisestä menevät asiantunteville esitarkastajille, TkT Jari Heikkilälle ja TkT Matti Kuittiselle.

Turussa huhtikuun 4. päivänä 2019

Juha Eskolin

## Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen lähtökohtana on ollut tarkastella suomalaista suurten puurakenteiden tilannetta suhteessa vastaavaan ulkomaiseen puurakentamiseen. Tämä on tärkeää, koska puurakentaminen on lisääntynyt merkittävästi viime vuosikymmenen aikana. Monet puurakennushankkeet, kuten uudet puukaupunkialueet, konserttitalot, koulut, päiväkodit, toimisto- ja asuinrakennukset, osoittavat, että puuta osataan Suomessa hyödyntää jo sekä rakennusteknisesti että arkkitehtonisesti ansiokkaasti. Selvästi parannettavaa on kuitenkin hallirakennuksissa ja niiden arkkitehtonisessa muodonannossa. Verrattuna moniin ulkomaisiin puurakenteisiin halleihin suomalaiset toteutukset vaikuttavat usein teollisuus- tai varastohalleilta. Näistä lähtökohdista tutkimuksen tavoitteeksi muotoutui sen selvittäminen, mitkä tekijät vaikuttavat suurten puurakenteiden arkkitehtoniseen muodonantoon.

Tutkimus on luonteeltaan käytäntöä painottava, mikä tarkoittaa yleistäen sitä, että arkkitehti pyrkii tutkimuksen keinoin reflektoidaan omaa käytäntöään, jäsentämään sitä teoreettisesti ja palaamaan tutkimuksen lopussa takaisin käytäntöön. Tutkimus eteni suurten puurakennusjärjestelmien luokituksen ja puurakenteiden historiallisen katsauksen jälkeen teoreettiseen pohdintaan suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodon ominaisuuksista. Näitä ominaisuuksia käytettiin apuna empiirisessä tutkimusvaiheessa, jossa kohteena olivat eräät, lähinnä ulkomaiset puurakenteiset kohteet. Lopuksi näiden kaikkien perustalta päädyttiin konkreettiseen suunnitelmaan, jossa kokeiltiin, miten suuria puurakenteita voidaan käyttää arkkitehtonisen ilmaisun välineenä.

Historiallisessa katsauksessa tuotiin esiin, kuinka pitkä perinne puurakenteiden käytöllä esi-merkiksi Euroopassa on ja kuinka rakennustekninen kehitys on kunakin aikakautena heijastunut puurakenteiden arkkitehtoniseen ilmaisuun. Puurakennusjärjestelmät ryhmiteltiin yhdeksään ryhmään: (1) palkkeihin ja pilareihin, (2) yhdistettyihin palkkeihin, (3) sauvarakenteisiin, (4) ristikkorakenteisiin, (5) kehiin ja kaariin, (6) avaruusristikoihin, (7) kupoleihin, (8) kuorirakenteisiin sekä (9) riippurakenteisiin ja ketjutettuihin rakenteisiin. Eri järjestelmille todettiin olevan luontaista tiettyä massan, poikkileikkauksen ja pohjan muodot.

Puurakenteiden arkkitehtonisen muodon ominaisuuksia tutkittiin arkkitehtonisen tilan, massan ja pinnan kannalta. Tarkasteltavaksi tulivat muodon kokoonpano, muodon hahmo, muodon suhteet, pinnan kudot, muodon havaittavuus ja visuaalinen tasapaino. Arkkitehtonisia muodon ominaisuuksia tarkasteltiin myös merkittävien ulkomaisten puurakennuskohdeiden avulla. Kohteita analysoitiin ja niiden suunnittelijoita haastateltiin. Tarkastelukohteiden havainnoinnit ja suunnittelijoiden haastattelut osoittivat, että ne arkkitehtonisen muodon ominaisuudet, joita teoriaosuudessa selvitettiin, toteutuivat näissä kohteissa monenlaisina ja vakuuttavina variaatioina. Haastattelujen perusteella voidaan olettaa, että muodon ominaisuuksien tietoisella käsittelyllä voidaan hallita suurten puurakenteiden arkkitehtonisia muodonannon perusteita entistä paremmin, mikä on välttämätöntä niiden arkkitehtonisen laadun kehittämiseksi.

Näistä teoreettisista pohdinnoista ja empiirisistä havainnoista tutkimus eteni lopulta takaisin suunnittelukäytäntöön. Tavoitteena oli palauttaa tutkimuksen aikana tuotettu tieto takaisin käytäntöön. Käytäntöä edustaa tässä teoreettinen suunnittelutilanne. Suunnittelun kohteena

oli puurakenteinen uimahalli. Suunnitteluprosessi osoitti, ettei suunnittelu voi edetä systemaattisesti muodon ominaisuudesta toiseen, vaan työ edellyttää jokaisen yksittäisen muodon ominaisuuden kohdalla pohdintaa tämän vaikutuksista kohteen muihin ominaisuuksiin. Suunnittelu –luovana prosessina– pysyy näiltä osin tunnustelevana ja vaatii aina myös intuitiivista otetta.

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu myös tutkimuksen ajanmukaisuutta suhteessa aineistonkeruuhetkeen (2003–2006) ja nykyhetkeen. Tämän tarkastelun tulos on, että tutkimus on edelleen tärkeä ja käyttökelpoinen Suomessa, mikä lisää työn merkittävyyttä. Tutkimus on suunnattu ensisijaisesti suunnittelijoille Suomessa, mutta ilmeistä on, että tässä työssä esitettyjä tai siitä sovellettavia ajatuksia on mahdollista käyttää vuorovaikutuksessa tilaajan, rakennuttajan, käyttäjän, muiden suunnittelijoiden, viranomaisten tai rakentajan kanssa.

Avainsanat: puurakentaminen, suuret puurakenteet, puuarkkitehtuuri, arkkitehtuuri ja muoto.

## Abstract

The starting point of this study was to examine the situation of large wooden constructions in Finland in relation to foreign wooden constructions. The topic is important because timber construction has increased significantly over the last decade. Many wooden building projects, such as new wooden towns, concert halls, schools, kindergartens, and office and residential buildings, show that Finns know how to utilize wood both in terms of construction and architecture. However, there is clearly room for improvement in hall buildings and their architectural formations. Compared to many foreign wooden hall buildings, Finnish implementations often resemble industrial or warehouse halls. From this point of view, the aim of the research was to determine which factors influence the architectural formation of large wooden structures.

This research has been oriented toward practice, which generally means that the architect attempts to reflect on his own practice, structure it theoretically, and return to practice at the end of the research. After a major review of the classification of wooden constructions and the historical review of wooden constructions, the research proceeded to a theoretical reflection of the characteristics of the architectural form of large wooden constructions. These characteristics were used as an aid in the empirical research phase, which examined certain, mainly foreign, wooden constructions. Finally, on the basis of all of these, a concrete plan was developed to test how large wooden constructions can be used as a tool for architectural expression.

The historical review highlighted the long tradition of using wooden constructions, for example, in Europe, and how the architectural development of wooden constructions has been reflected in every era. The wooden construction systems were divided into nine groups: (1) beams and columns, (2) connected beams, (3) pole structures, (4) truss structures, (5) frames and arches, (6) space structures, (7) domes, (8) shell structures, and (9) suspended structures and chained structures. Various systems were found to have particular characteristics in terms of mass, cross-section and base.

The characteristics of the architectural form of wooden structures were examined in terms of architectural space, mass and surface. Consideration was given to shape, position, size, texture, orientation and visual inertia. Architectural characteristics were also examined with the help of significant foreign wooden construction objects. Items were analyzed and their designers were interviewed. The observations of the objects and the interviews with the designers showed that the features of the architectural form that were elucidated in the theoretical part were realized in these objects in various and convincing ways. Based on the interviews, it can be assumed that the conscious handling of shape properties can help control the architectural deformation challenges of large wooden structures, which is a prerequisite for the development of their architectural quality.

From these theoretical reflections and empirical findings, the study eventually went back to design practice. The goal was to transfer the knowledge produced during the research back into practice. In this case, practice refers to a theoretical design situation. The design was a wooden swimming hall. The design process showed that design cannot progress systematically from one form to another, but requires consideration of the effects of each individual

form on other properties. The design, as a creative process, remains sensitive to these aspects and always requires an intuitive grip.

This study also includes a review of the timeliness of the research in relation to the material collection period (2003–2006) and to the present. Based on the review, the research is still important and useful in Finland, which increases the importance of the work. The research is primarily aimed at designers in Finland, but it is obvious that the ideas presented or applied in this work can also be used to interact with purchasers, developers, users, other designers, authorities or builders.

Keywords: timber construction, large wooden construction, wooden architecture, architecture and shape.

# Sisällysluettelo

<b>Esipuhe</b>	4
<b>Tiivistelmä</b>	6
<b>Abstract</b>	8
<b>Sisällysluettelo</b>	10
<b>1. Johdanto</b>	
1.1 Tutkimuksen tausta	12
1.2 Tutkimustilanne	15
1.3 Tutkimusaihe ja tutkimuksen rajaus	20
1.4 Tutkimuksen luonne ja tutkimusmenetelmät	22
<b>2. Puurakenteen muodon historiaa</b>	
2.1. Muodon ja puurakenteen varhainen vuorovaikutus	29
2.2. Puurakenteiden muodon merkityksen kasvu	31
2.3. Kohti teollista puurakentamista	35
2.4. Paluu puurakenteen muototavoitteen korostumiseen	39
2.5. Päätelmiä	42
<b>3. Suurten puurakenteiden luontainen muoto</b>	
3.1. Puurakennejärjestelmät	44
3.2. Liitokset ja jäykistävät rakenteet	65
3.3. Puurakenne ja uudet muototavoitteet	71
3.4. Päätelmiä	72



#### **4. Suurten puurakenteiden arkkitehtoninen muoto**

4.1. Arkkitehtoninen muoto	75
4.2. Suurten puurakenteiden visuaaliset ominaisuudet	81
4.3. Päätelmiä	89

#### **5. Arkkitehtonisen muodon toteutuksia**

5.1. Tarkasteltavat kohteet	95
5.2. Päätelmiä	148

#### **6. Käytännön sovellus ja testi**

6.1. Käytännön sovelluksen lähtökohdat	149
6.2. Käytännön suunnitteluprosessi	150
6.3. Synteesi	161
6.4. Päätelmät	170

#### **7. Tulosten tarkastelu**

7.1. Tulokset ja johtopäätökset	171
7.2. Tulosten merkitys, luotettavuus ja hyödynnettävyys	175

<b>Lähteet</b>	178
----------------	-----

# 1. Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Suomessa on viime vuosina käynnistetty useita asunto- ja julkisen rakentamisen hankkeita, joissa puurakenteiden käyttö on asetettu etusijalle ja jopa edellytykseksi. Samaan aikaan on käynnistetty innovatiivisia tutkimus-, suunnittelu- ja rakennushankkeita, joissa puulle haetaan uusia rakennusteknisiä ja arkkitehtonisia ratkaisuja. Esimerkkinä näistä ovat olleet muun muassa eri puolilla Suomea toteutetut Moderni Puukaupunki -hankkeet (1997–2011), valtakunnallinen puurakentamisohjelma työ- ja elinkeinoministeriössä (2011–2015) sekä Puurakentamisen ohjelma ympäristöministeriössä (2016–2021). Puurakentamisen merkitystä kansantaloudellisesti on määritelty yhä kokonaisvaltaisemmin. Nykyisin puurakentamista edistetään osana biotaloutta, joka sisältää puun käytön perusteet, kuten kestävä kehityksen, ekologisuuden ja paikallisuuden.

Puurakentaminen on lisääntynyt maassamme viimeisen kymmenen vuoden aikana huomattavasti. Puusta on rakennettu lukuisia kohteita, kuten hallirakennuksia, kouluja, päiväkoteja, kerrostaloja, toimistotaloja jne. Samoin on koulutettu vaativien puurakenteiden rakennussuunnittelijoita. Lisäksi kehitystä ovat vauhdittaneet palomääräysten muutokset vuonna 2011 ja vuoden 2018 alussa. Näiden vaikutuksesta puusta on mahdollista rakentaa asuinkerrostalojen ja toimistorakennusten lisäksi aiempaa vapaammin kouluja, liikuntahalleja, päiväkoteja, kauppakeskuksia, majoitusrakennuksia sekä hoitolaitoksia. Osaltaan myös se, että puurakennusten suunnittelu ja toteutus vaativat erityisosaamista, on lisännyt niiden kiinnostavuutta ja tavoiteltavuutta erityisesti suunnittelu- ja tutkimuskentällä. Yhteenvetona voidaan todeta, että viimeaikaiset puurakennushankkeet, kuten uudet puukaupunkikohteet, konserttitalot, koulut, päiväkodit sekä toimisto- ja asuinrakennukset, osoittavatkin että puuta voidaan hyödyntää sekä rakennusteknisesti että arkkitehtonisesti ansiokkaasti.

Oman ryhmänsä puurakentamisessa muodostavat rakennukset, jotka perustuvat suuriin, pitkän jännevälin puurakenteisiin ja kantavan rungon näkyville jättämiseen. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset hallimaiset rakennukset, kuten kokoontumissalit sekä urheiluun, liikuntaan ja virkistykseen tarkoitettut tilat. Juuri näiden rakennusten puurakenteita tarkastellaan tässä tutkimuksessa.

Maamme uusissa liikuntahalleissa käytetään kolmanneksessa puuta eri muodoissaan eli rakennepuutavarana, liimapuuna ja viilupuuna. Oikeaoppisen palo-, kosteus-, ääni- ja valaistusteknisen suunnittelun ansiosta puuta voidaan käyttää kantavissa rakenteissa, sisäpinnoissa ja julkisivuissa.

Tämän tutkimuksen aineiston keruuhetkellä vuosina 2003–2006 oli havaittavissa, ettei Suomen puurakenteisissa liikuntahalleissa ollut kiinnitetty riittävästi huomiota puurakenteiden arkkitehtonisiin mahdollisuuksiin, kuten urheilurakennusten tunnusomaisten piirteiden esiin tuomiseen. Huomionarvoista on, että tilanne on edelleenkin samankaltainen, vaikka puurakentaminen on Suomessa muutoin lisääntynyt ja kehittynyt viimeisen 10–12 vuoden aikana merkittävästi. Tämän voi todeta, kun tarkastelee suomalaisia puuarkkitehtuurin alan

julkaisuja esimerkiksi viimeisen kymmenen vuoden ajalta.

Hyvän katsauksen viimeaikaisesta puurakentamisesta antaa Puu-lehti, joka pyrkii julkaisemaan järjestelmällisesti kaikki merkittävät puurakennushankkeet Suomessa. Tarkasteltaessa vuoden 2008 jälkeen julkaistuja Puu-lehtiä ja niissä esitetyjä toteutettuja puurakennuskohteita, voidaan todeta, että erityisesti sellaisia kohteita, joissa puu olisi kantavana rakenteena arkkitehtonisesti merkittävässä asemassa, on vain muutamia. Esimerkkinä näistä nousee esiin muun muassa Piano-rantaravintola Lahdessa, Seurasaaren konservointikeskus Helsingissä, Kuokkalan kirkko Jyväskylässä, Design pääkaupunki 2012 -paviljonki Helsingissä, Metsä-Tapiolan toimistorakennus Espoossa, Gösta näyttelyrakennus Mäntässä sekä Niemenharjun taukopaikka ja katos Pihtiputaalla. Lisäksi Puu-lehdessä on esitelty muutamia diplomi- ja kilpailutöitä, joissa erityisesti kantava puurakenne on merkittävässä osassa arkkitehtonista ilmaisua. Tämä kertoo myös arkkitehtiopiskelijoiden kiinnostuksesta aiheeseen.

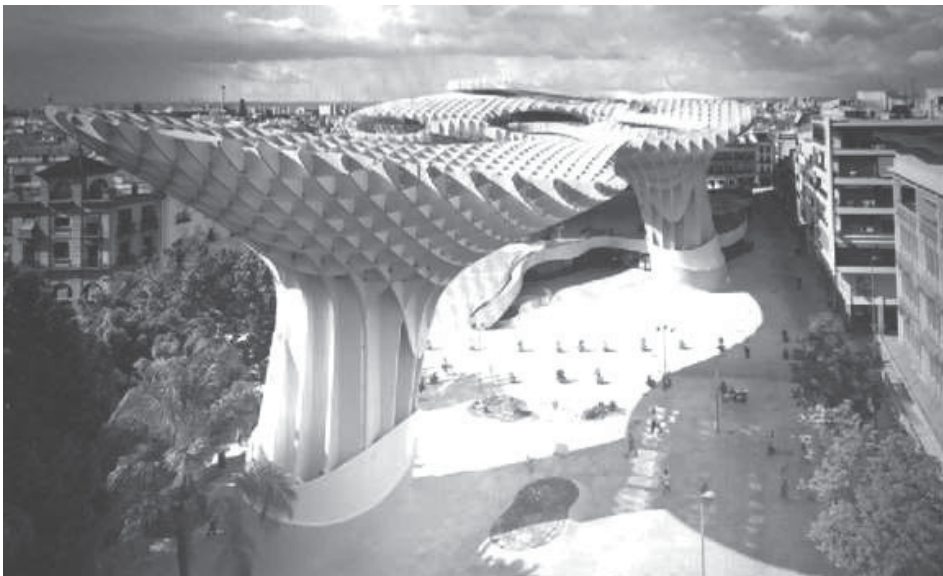
Edellä mainittu tarkastelu osoittaa, että emme ole menneet Suomessa huonompaan suuntaan verrattaessa 2000-luvun alun tilanteeseen. Toisaalta verrattuna esimerkiksi Keski-Euroopassa toteutettuihin hankkeisiin meillä olisi tarpeen lisätä ja kehittää taitojamme huomattavasti kantavien puurakenteiden käytössä sekä arkkitehtonisessa ilmaisussa.

Vertailut esimerkiksi keskieurooppalaisiin kohteisiin osoittavat, että suurten puurakenteiden arkkitehtoninen hyödyntäminen on ollut muualla huomattavasti meitä pidemmällä jo vuosituhannen taitteessa. (Esim. Eskolin 2001.) Suomessa liikuntahallien arkkitehtonisten keinojen hyödyntämättömyys näkyy siinä, että kohteet muistuttavat usein enemmän teollisuus- tai varastorakennuksia kuin urheilurakennusta.

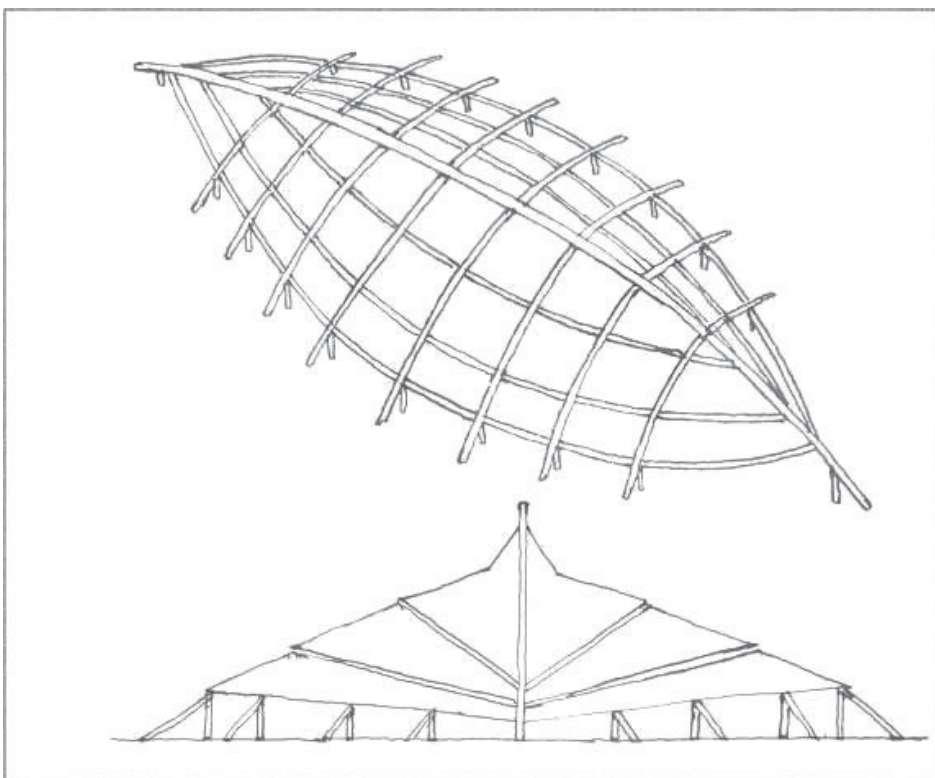
Koska liikuntahallit vaikuttavat suuren kokonsa vuoksi merkittävästi ympäristönsä ilmeseen, tulisi niiden arkkitehtoniseen laatuun kiinnittää nykyistä enemmän huomiota, olipa kyse kilpailukäyttöön tarkoitettusta tai edullisemmista harjoituskäyttöön tarkoitettusta rakennuksesta.

Erityisesti hallirakennusten rungon rakenteiden rakenneteknisen ja arkkitehtonisen yhteensopivuuden suunnitteluun tulisi kiinnittää syvällisemmin huomiota, kuten yli 20 vuotta vanha esimerkki Norjan Hamarin pikaluisteluareenasta osoittaa. Suuret puurakenteet tulee nähdä arkkitehtonisen ilmaisun välineenä, mikä saattaa myös synnyttää uusia teknisiä ja arkkitehtonisia oivalluksia. Tässä mielessä puu rakennusmateriaalina edistää arkkitehtonisesti ja rakenneteknisesti luovaa ajattelua.

Tuoreena esimerkkinä puurakenteiden mahdollisuuksista voidaan ottaa Parasol-rakennelma Espanjan Sevillassa. Vaikka rakenne ei olekaan urheilukäytössä vaan torialueen aurinkokatoksena, se on osoitus siitä, että puurakenteilla voidaan synnyttää jatkuvasti uusia arkkitehtonisia tulkintoja suuressa mittakaavassa.



**Kuva 1.1.** Parasol-rakenne, Sevilla, Espanja. Sienimäinen jyrävä ja voimakasmuotoinen rakenne, joka on hyvin kontrastinen suhteessa ympäristöönsä. Puurakenne edustaa niin kutsuttua luonnonmuotoa, joka on tällä hetkellä yksi arkkitehtuurin ilmaisun pyrkimyksistä. (Kuva: Architectural Review 6/ 2011, 61.)



**Kuva 1.2. Puurakenne ja muoto.** Pikaluistelu- ja jalkapalloareena, Hamar, Norja. Puinen kaarirakenne imitoi suuren viikinkilaivan runkoa ja samalla ilmaisee urheilu- ja areena-arkkitehtuurin typologiaa, jonka ytimenä on kiertävä rata.

## 1.2 Tutkimustilanne

Suurten puurakenteiden arkkitehtonisten ominaisuuksien tutkimus on ollut toistaiseksi vähäistä. Esimerkiksi opetusministeriön liikuntapaikkoja käsittelevässä julkaisusarjassa on käsitelty pääasiassa puurakenteiden teknisiä erityistekijöitä, kuten hallien rakenteellista turvallisuutta, sisäilmasto-olosuhteita ja liikkumisen esteettömyyttä.

Eskolinin tutkimuksessa Puurakenteinen liikuntahalli (2001) esiteltiin suomalaisia puurakenteisia liikuntahalleja ja ulkomaisia, arkkitehtonisesti tunnustettuja hallikohteita. Lisäksi esiteltiin hallien suunnitteluperusteita ja esimerkkisuunnitelmia, joiden tarkoitus oli havainnollistaa ja ideoida puurakenteiden käyttöä liikuntahallirakentamisessa.

Tarkastelun kohteena olivat kaikki sillä hetkellä tiedossa olleet puurakenteiset liikuntahallit Suomessa, yhteensä 56 kappaletta. Hallit luokiteltiin seuraavasti: pienet hallit (jänneväli 15–30 m), keskisuuret hallit (jänneväli 31–50 m) ja suuret hallit (jänneväli yli 50 m) Katsaus

tuotti tietoja muun muassa siitä, miten eri puurakennejärjestelmät jakautuivat eri jänneväli-alueille (mt., 102–112):

1. Jännevälialue 20–30 m

- ristikot	1 kpl
------------	-------

2. Jännevälialue 31–40 m

- palkki/pilari	6 kpl
- ristikot	6 kpl
- vetotangollinen kolminivelkaari	6 kpl
- kolminivelkaari	2 kpl

3. Jännevälialue 41–50 m

- kolminivelkaari	10 kpl
- STT-kannatin	6 kpl
- vetotangollinen kolminivelkaari	6 kpl
- kaksinivelkehä	1 kpl
- palkki/pilari	1 kpl

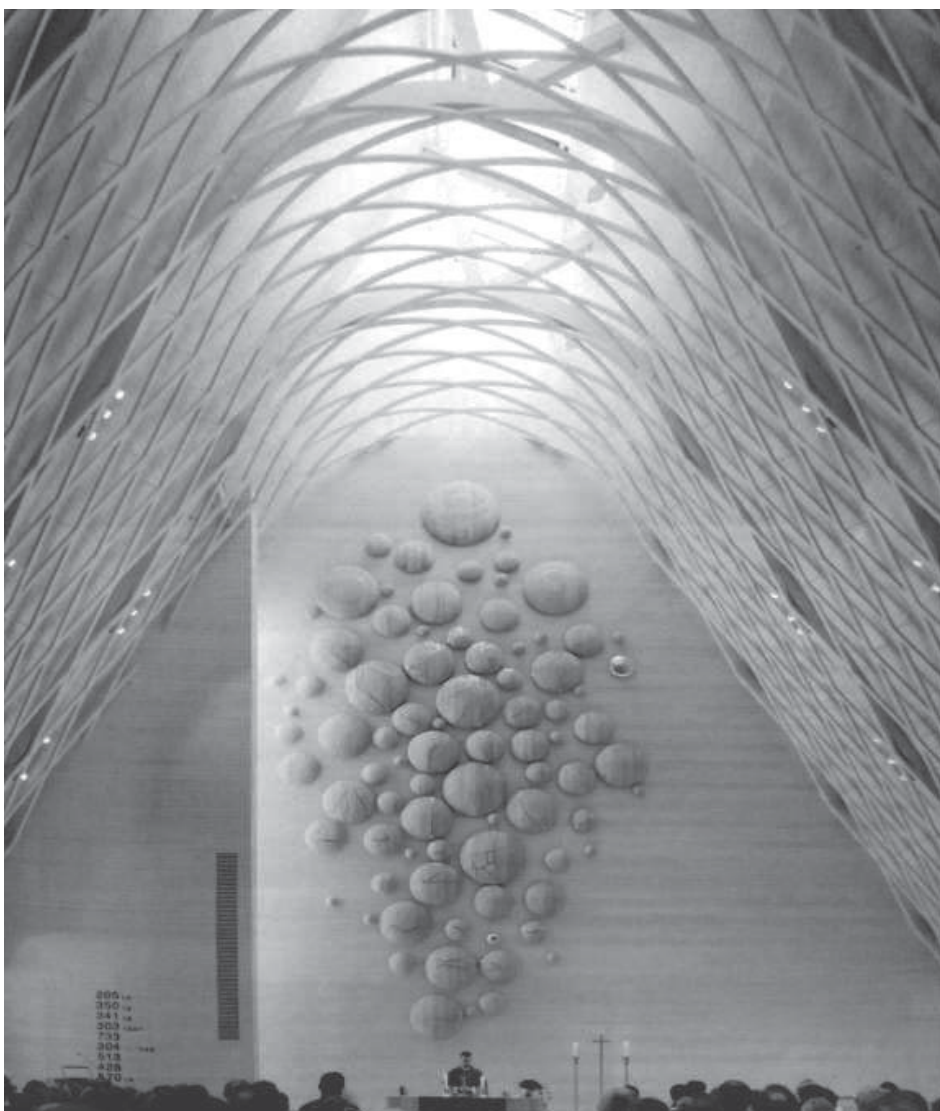
4. Jännevälialue 51–60 m

- kolminivelkaari	6 kpl
- STT-kannatin	3 kpl

5. Jännevälialue yli 60 m

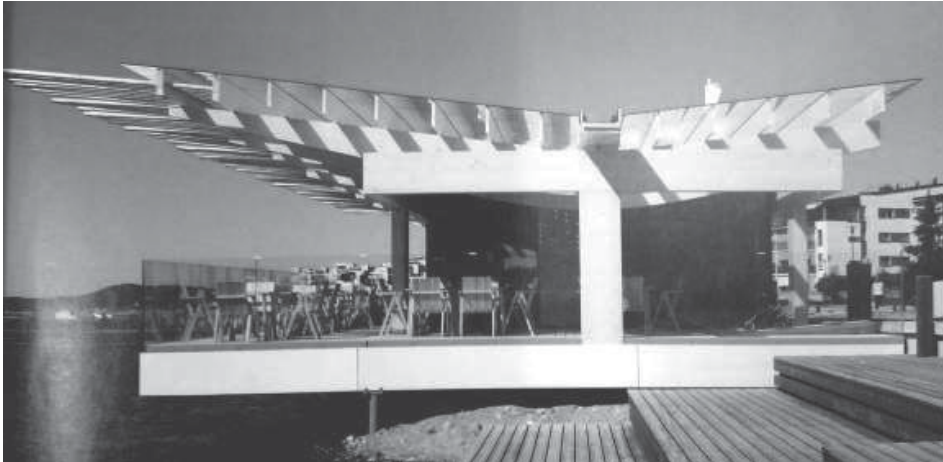
- kupoli	2 kpl
- riiputettu rakenne	1 kpl

Suomessa yleisimmin käytössä ovat siis olleet kolminivelkaaren sovellukset. Muitakin rakennejärjestelmiä on käytetty, mutta ne ovat harvinaisempia. Verrattuna ulkomaisiin halleihin meillä on käytössä huomattavasti vähäisempi rakennejärjestelmien valikoima, eikä myöskään eri rakennejärjestelmien yhdistelemiseen ole juuri menty. (Mt., 111–130.) Tilanne on pysynyt melko samana viimeisen 15 vuoden aikana, koska Suomessa ei ole toteutettu juurikaan suurien jännevälien puurakenteita. Mainitsemisen arvoisia ovat kuitenkin muutamat toteutetut harvinaisemmat rakenteet, kuten Pihtiputaan Niemenharjun sauvarakenteet, Helsingin Seurasaaressa taiterakenne ja Design pääkaupunki 2012 -paviljongin kuorirakenne. Jänneväleiltään nämä esimerkit kuitenkin sijoittuvat alle 20 metrin alueelle.



**Kuva 1.3.** Kuokkalan kirkko. Puinen kuorirakenne on samalla jäykistävä rakenne ja sisätilan keskeinen arkkitehtoninen aihe. (Kuva: Puu 2/2010.)



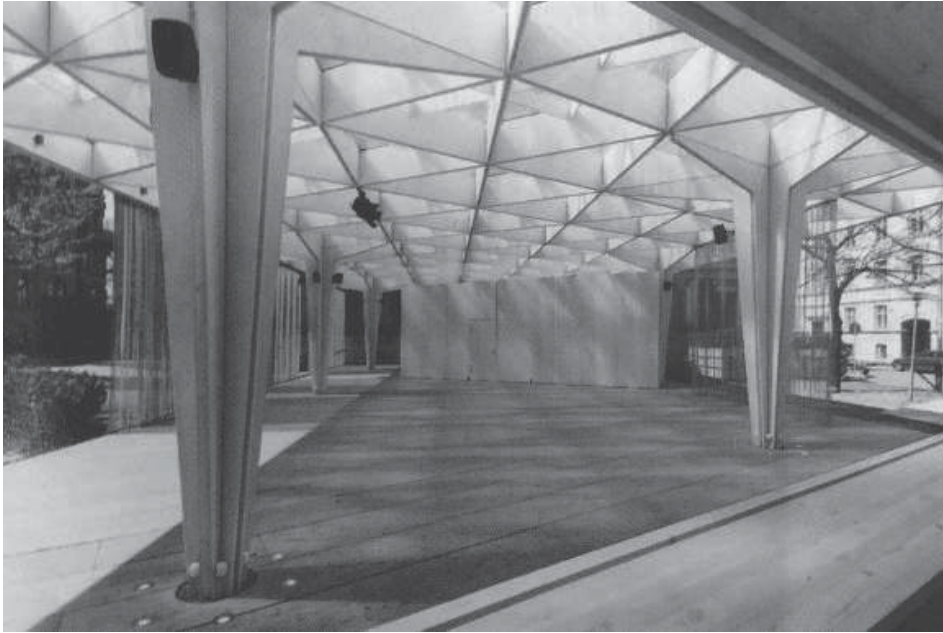


**Kuva 1.4.** Lahden Piano -paviljonki ja sauvamainen rakenne. (Kuva: Puu 3/ 2008.)



**Kuva 1.5.** Pihtiputaan Niemenhärjun taukopaikan sauvarakenteet. (Kuva: Puu 1/ 2017.)





**Kuva 1.6.** Design pääkaupunki paviljongin kuorirakenne Helsingissä. (Kuva: Puu 2/2012.)

Kotimaisia suuria puurakenteita tarkastelevia julkaisuja on muutamia. Ne käsittelevät yleispiirteisesti kantavien puurakenteiden teknisiä ominaisuuksia ja hallirakennusten suunnitteluun liittyvää perustietoa. Ohjekirjat Puuhallin suunnittelu (Salonen 2002) ja Puuhallin rakenteet (Keronen 2002) keskittyvät tarkastelemaan tällä hetkellä yleisesti käytössä olevia puurakennejärjestelmiä. Puurakenteiden mitoitusta ja rakentamista ovat käsitelleet eri asiantuntijat puurakentamisen Eurocodeja tukevissa julkaisuissa STEP 1 (1998) ja STEP 2 (1998). Puurakenteiden arkkitehtonisia ominaisuuksia ei näissä julkaisuissa ole selvitetty.

Ulkomailla suuria puurakenteita ovat tarkastelleet Natterer, Herzog ja Volz (1994). Heidän julkaisunsa Holzbau Atlas Zwei antaa hyvän käsityksen siitä, mitä Keski-Euroopassa on tehty puusta viimeisten vuosikymmenten aikana. Vaikka julkaisu on yli 20 vuotta vanha, puurakennejärjestelmien ryhmittelyt ovat edelleen ajan tasalla ja esimerkkikohteiksi valitut kohteet ovat edelleen edustavia kuvauksia rakennejärjestelmien rakenneteknisistä mahdollisuuksista. Viimeisin Holzbau Atlaksen täydennetty uusintapainos on vuodelta 2003, ja se luokittelee puurakennejärjestelmät samoin kuin tekevät aiemmatkin painokset (Herzog 2003). Kohteet ovat pääasiassa urheiluhalleja ja kokoontumistiloja. Rakennukset on luokiteltu rakennejärjestelmien perusteella. Julkaisussa ei kuvata kohteiden arkkitehtonisia ominaisuuksia, vaan keskitytään esittelemään niiden teknisiä tietoja ja rakenteisiin liittyviä yksityiskoh-  
tia.



**Kuva 1.7.** Uimahallin puinen kuorirakenne Bad Dürheimissä, Saksassa. Arkkitehtoninen vaihtelua on pehmeän riippumattomainen ja rento, mikä tukee kylpylän käyttötarkoitusta. (Kuva: Eskolin 2004.)

### 1.3 Tutkimusaihe ja tutkimuksen raja

Tässä tutkimuksessa selvitetään kantavien, suurten puurakenteiden arkkitehtonisia mahdollisuuksia erilaisten urheilu- ja kokoontumishallien suunnittelussa. Asiaa tarkastellaan sekä hallien sisätilan muodon että ulkoisen muodon osalta.

Tutkimus rajataan otsikkonsa mukaisesti puurakenteisiin, vaikka oletettavaa on, että muutkin materiaalit, kuten teräs ja betoni, aikaansaavat samankaltaisia arkkitehtonisia ominaisuuksia. Siksi olisi mielenkiintoista tarkastella myös muita materiaaleja. Tämä ansaitsee oman tutkimuksensa, koska teräs ja betoni esimerkiksi liitostensa, rakennusosien mittasuhteiden ja sitä kautta jänneväliden sekä muotoilunsa osalta eroavat kuitenkin huomattavasti toisistaan.

Tutkimus rajataan hallirakennuksiin, joiden kantavana rakenteena on puu siten, että puun merkitys arkkitehtonisen muodonannon mielessä on merkittävä. Rakennuksessa voidaan käyttää muitakin materiaaleja, mutta niiden tulee kuitenkin olla sellaisessa asemassa, että ne vahvistavat puumateriaalin arkkitehtonista merkitystä. Tutkimus käsittelee rakennuksia, joiden käyttötarkoitus voi olla monitoiminen urheilutila, harjoitushalli tai virkistyskäyttöön tarkoitettu rakennus, kuten uimahalli.

Myös kirkot tai muuhun käyttöön tarkoitetut rakennukset ovat mahdollisia esimerkkejä kokoontumistilojen puurakenteiden arkkitehtonisesta käsittelystä. Tarkastelu kohdennetaan lähinnä hallimaisen päätilan muodostumiseen. Oheistilojen vaikutus otetaan huomioon lähinnä rakennuksen kokonaisuusmuotoilun osana tai hallin poikkileikkaukseen mahdollisesti

vaikuttavana osatekijänä.

Hallirakennusten eri käyttötarkoitusten asettamiin erikoisvaatimuksiin, kuten tilaohjelmiin, toiminnallisiin ratkaisuihin tai tekniseen normistoon, viitataan vain silloin, kun ne oleellisesti vaikuttavat arkkitehtoniseen muodonantoon. Puun teknisiä ominaisuuksia ei myöskään käsitellä, vaan niiden osalta viitataan tarvittaessa aiempien tutkimusten tuloksiin ja käytössä oleviin toteutusmenetelmiin. Tämä tutkimus ei myöskään syvenny puun pintakäsittelyyn, maalattujen tai maalaamattomien pintojen, eikä myöskään puun pinnan ominaisuuksiin. Koska tutkimus rajautuu puurakenteen ja sen tuoman kokonaishahmon ja muodon keskinäiseen vuorovaikutukseen, tutkimuksessa ei tarkastella syventävästi eri puumateriaalien, kuten liimapuun, viilupuun tai sahatavaran välisiä arkkitehtonisia eroja, jos ne eivät oleellisesti vaikuta kokonaishahmon muodostumiseen. Hallirakennusten vaipparakenteen tekniset ratkaisut tai LVIS -tekniset ratkaisut eivät niin ikään ole tutkimuksen kohteena. Näihin voidaan viitata, jos ne oleellisesti liittyvät kantavan puurakenteen arkkitehtoniseen ominaisuuteen.

Suuret puurakenteet nähdään siis urheilu-, liikunta- tai virkistyskäyttöön tarkoitettujen hallin tärkeäksi arkkitehtoniseksi osatekijäksi. Tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodon määrittämiseen. Keskeisimmät tutkimuskysymykset ovat:

- Millaisia arkkitehtonisen muodon ominaispiirteitä eri puurakennejärjestelmillä on?
- Millaisin keinoin suurten puurakenteiden arkkitehtoniseen ilmaisuun ja muodonantoon voidaan vaikuttaa?

Tutkimus alkaa katsauksella puurakenteiden käytön historiaan. Sen jälkeen tarkastellaan eri puurakennejärjestelmien tuottamia luontaisia muotoja. Varsinaisessa teoriaosuudessa täsmennetään käsitystä suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodon ominaisuuksista, jotka luovat perustan empiiriselle osalle. Empiirisenä aineistona ovat eräät kotimaiset ja ulkomaiset puurakenteiset rakennukset, joiden havainnoinnin ja suunnittelijoiden haastattelujen avulla pyritään täsmentämään, konkretisoimaan ja monipuolistamaan teoriaosassa luotua käsitystä suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodon ominaisuuksia.

Tutkimuksen aineisto perustuu pitkälti pohjoismaisiin ja keskieurooppalaisiin kohteisiin. Tämän tutkimuksen kannalta on ollut oleellista löytää tarkoitukseen soveltuvat havainnointikohteet. Ei siis ole ollut välttämätöntä tuoda arvioitavaksi suurta määrää maailmalla toteutettuja kohteita. Näistä eurooppalaisista kohteista on ollut luontevaa saada aineistoa, ja niihin on ollut mahdollista tutustua ja tehdä havainnot myös omakohtaisesti. Aineistossa on myös muutama kohde muualta kuin Euroopasta, ja ne ovat valikoituneet tarkoituksenmukaisuutensa perusteella. Näiden edellä mainittujen kohteiden arviointi perustuu pitkälti kirjallisuuslähteisiin.

Teoreettisen ja empiirisen osan tuloksia ja johtopäätöksiä sovelletaan ja testataan tutkimuksen suunnitelmaosassa, jonka tekijä on laatinut. Tällä suunnitelmalla kuvataan tulosten käytökelpoisuutta hallimaisten rakennusten suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodonannon suunnittelussa.

#### 1.4 Tutkimuksen luonne ja tutkimusmenetelmät

Tämä työ on luonteeltaan käytäntöpainotteinen tutkimus, joka lähtee arkkitehdin työstä (Aura ym. 2001, 32–33). Käytäntöpainotteinen tutkimus voidaan ymmärtää tässä järjestelmälliseksi prosessin seuraamiseksi valikoidulla arkkitehtuurin kentällä. Lisäksi käytäntöpainotteinen tutkimus pyrkii ilmaisemaan prosesseja ja tekemään niistä uusia johtopäätöksiä. Tällöin joudutaan tulkitsemaan ja soveltamaan eri menetelmillä (haastattelu, havainnointi ja kirjallisuus) saatuja tietoja. (Groat, Wang 2002, 7–10.) Tässä tulkinnassa oleellista on, että kuvaamme tietyille lukijakunnalle tai ryhmälle suunnattuja ja lähtökohtaisesti tiedossa olevia prosesseja. Tällöin lukijalla on parempi mahdollisuus arvioida kirjoittajan tulkintoja. (Groat, Wang 2002, 12.)

Lähtökohtana on se tosiasia, että jokaisen käytännön taustalla on aina erilaisia teoreettisia ja muita ennakkokäsityksiä, jotka määräävät tai ohjaavat, miten yleisesti toimitaan. Tällaisia käsityksiä on esimerkiksi puurakenteisten liikuntahallien suomalaisessa suunnittel- ja rakentamiskäytännössä. Usein nuo ennakkokäsitykset ovat julkaisemattomia ja ne otetaan itsenänselvyyksinä, mutta niitä voidaan myös arvioida uudelleen ja uudistaa. (Aura 2001, 36–37.) Arkkitehtuurissa tutkittavat prosessit muodostavat johdonmukaisen tarinan, joka sisältää käytäntöön painottuvan tutkimustavan eli strategisen toimintasuunnitelman, joka puolestaan muodostuu tutkimuskysymyksistä, johtopäätöksistä ja niiden välisistä askeleista sekä eri tutkimusmenetelmien, kuten haastattelun, havainnoinnin ja kirjallisuuskatsauksen hyödyntämisestä. (Groat, Wang 2002, 10–11.)

Käytäntöpainotteisessa tutkimuksessa arkkitehti tutkii oman alansa käytäntöä, jäsentää sen teoreettisia ja muita sitoumuksia sekä sen tapoja ratkaista jokin suunnittelutehtävä tietyllä tavalla. Näistä pohdinnoista muodostuu tutkimuksen sisältö. Toisin sanoen tutkimuskohteesta abstrahoitu yleinen tieto johdetaan takaisin käytäntöön, käytännölliseksi tiedoksi. Lisäksi tutkimukseen liitteenä on suunnitelmaisuus, jossa voidaan tarkkailla, millaiseen uuteen käytäntöön teoreettisten pohdintojen perusteella voidaan päästä. (Aura 2001, 36–37.)

Käytäntöpainotteinen tutkimus etenee siis arkkitehtuurin käytännön, kuten tässä suurten puurakenteiden käytön, tarkastelusta ja tutkimuskysymyksen asettamisesta. Lähtökohtana voi olla kirjallisuustutkimus, jonka avulla selvitetään lähtötilanne ja edetään ongelman täsmentämiseen. Tässä tutkimuksessa kirjallisena aineistona ovat tutkijan aiemmin tekemä selvitys Puurakenteinen liikuntahalli (Eskolin 2001) sekä Nattererin (1994) ja Herzogin (2003) laatima *Holzbau Atlas Zwei*. Tämä on edelleen, yli 15 vuotta ilmestymisensä jälkeenkin, eri puurakennejärjestelmiä parhaiten kuvaava perusteos. Muita uudempia puurakenteita käsitteleviä julkaisuja ovat esimerkiksi Timber Construction Manual (2012) ja Design of Wood Structures (2014). Ne keskittyvät pohtimaan puurakenteiden mitoittamiseen liittyviä kysymyksiä, joten nekaan eivät tuo Holzbau Atlakseen verrattuna uutta tai yhtä laajaa puurakennejärjestelmien ryhmittelyä esille. Lisäksi aineistona ovat olleet tutkimuksen aineistonkeruuhetkellä, vuosilta 2003–2006, koti- ja ulkomaiset arkkitehtuurin alan lehdet, keskieu-rooppalaiset puurakentamisen organisaatioiden esittelyjulkaisut, puurakentamisen konferenssijulkaisut sekä arkkitehtuurin muototeoriaan liittyvä kirjallisuus. Tämän lisäksi aineistoa on kerätty olemassa olevien suomalaisten ja keskieu-rooppalaisten hallien kartoituksen avulla.

Kirjallisuustutkimuksen avulla pyritään löytämään viime vuosien aikana kerääntynyt tähän tutkimukseen soveltuva ja tarkoituksenmukainen tieto eri puurakennejärjestelmien mahdollisuuksista ja niiden arkkitehtonista muodonantoa tukevista teorioista. Aineistoon kuuluu kuvamateriaalia toteutetuista suurista puurakenteista. Oleellista on löytää aineistoksi arkkitehtonisesti ajaton ilmaisu tai rakenneteknisesti oivaltava ja tekoavastaan kertova ratkaisu, joten kohteen rakennusvuodella tai sen uutuusarvolla ei ole merkitystä. Oletuksena on, että tämän tutkimuksen tutkimuskysymyksiin voidaan syventyä, vaikka aineistossa eivät olisi-kaan kaikki maailman puurakenteiset kohteet tai kaikki uusimmat vastaavat kohteet. Vaikka tutkimusaineistona käytettäisiin muita kohteita kuin tässä tutkimuksessa esiin nostetut, vastaukset tutkimuskysymyksiin olisivat oletettavasti hyvin samankaltaisia.

Tutkimuksen eri luvuissa aineistona käytettyjen esimerkkikohteiden jänneväli ei ole keskeinen tekijä, kun pyritään löytämään puurakenteen ja arkkitehtonisen ilmaisun havainnollistavaa kohdetta. Tutkimus ei pyri esittämään kaikista tässä luvussa aikaisemmin mainituista jänneväliluokista (pieni, keskisuuri, suuri) sopivaa esimerkkiä. Lähtökohtana kuitenkin on, että kaikki jänneväliluokat edustavat tutkimuksen mukaista suurta puurakennetta. Eri puurakennejärjestelmien luontaista muotoa tarkasteltaessa arvioidaan kuitenkin, millaisen jännevälin kukin eri puurakennejärjestelmä voi saavuttaa.

Tutkimuksen ajanmukaisuutta ja lähdeaineiston kattavuutta voi tarkastella esimerkiksi Scopus-tietokannan haun avulla. Tietokanta sisältää melko kattavasti muun muassa Elsevier, Springer, Taylor & Francis -kustantajien sarjoissa julkaistuja tieteellisiä artikkeleita. Hakua voidaan täydentää muun muassa Arts & Humanities Database tietokannalla. Tietokannat löysivät noin 2 400 artikkelia, kun hakusanaksi asetetaan "architecture", "timber", "wooden", "long", "span" ja "construction".

Tutkimusaihetta sivuavia julkaisuja löytyi noin 70–100. Näissä aiheina olivat esimerkiksi puurakenteiden tekotapa, suunnittelu ja säilyminen historiallisissa kohteissa. Artikkelit käsittelevät usein jotain tiettyä rakennusta tai rakennustyyppiä, kuten kirkollista rakentamista. Tarkasteltavat kohteet sijaitsivat Aasiassa, Väli-Amerikassa ja Euroopassa. Esimerkkinä voidaan mainita Porzillin ja Bertocchin numeerista tekniikkaa hyödyntävä tutkimus "3D digital systems for the documentation and representation of the wooden heritage between Finland and Russia: Survey methods and procedures for detailed analysis" vuodelta 2019 sekä Kurekin julkaisema "Wooden Orthodox Church Architecture in A Country Landscape after World War II - In the Area of the Former Eastern Galicia" vuodelta 2019.

Eräs mielenkiintoinen julkaisu on Barbara Misztalin "Wooden Domes, History and Modern Times" vuodelta 2017. Työ tuo esiin useita historiallisia puurakenteisia kupoliratkaisuja sekä tämän päivän laminoidusta puusta aikaansaattavia erilaisia kupoliratkaisuja. Tutkija näkee, että puurakenteiden teknisiä ominaisuuksia on mahdollista kehittää edelleen. Uusi mallintamisen tekniikka tuo mahdolliseksi ymmärtää paremmin myös historiallisia puurakenteisia kupolikonstruktioita, joista suunnittelutieto useimmiten on kadonnut. Puurakenne on erittäin ympäristöystävällinen, minkä merkitys tulevaisuudessa kasvaa. Kupolirakenne muodostaa pinnan, joka on rakenteena taloudellinen, kun otetaan huomioon rakenteen pinta-ala, raaka-aine ja valmistamiseen tarvittava energian kulutus.

Pintojen voimakas muotoilu arkkitehtonisessa ilmaisussa on ollut aina yleistä. Tätä aihetta käsittelee muun muassa Mansoori 2019 artikkelissaan "Adaptive wooden architecture. Designing a wood composite with shape-memory behavior". Tutkimus osoittaa, että puuta on käytetty pintojen muotoilun välineenä sekä historiallisesti että myös nykyään, koska se on materiaalina helposti muotoiltavissa arkkitehtonisiin tavoitteisiin.

Tutkimusta vähäisemmin sivuavia aiheita löytyi runsaasti. Esimerkkinä näistä mainittakoon vaikkapa puutuotteiden kestävään kehitykseen ja toimitusketjuun liittyvä artikkeli "Solid wood and wood based composites: The challenge of sustainability looking for a short and smart supply chain" (Romagnol 2019) tai "Experimenting the use of wood in contemporary architecture: Integrating research into practice" (Liotta 2019). Artikkelit tarkasteli useita muuttujia (rakennusmääräykset, kustannukset, sertifiointit, kestävyys ja asiantuntemus), jotka vaikuttivat suuresti digitaalisen puurakentamisen suunnitteluun ja toteutukseen.

Tämän haun perusteella vuosina 2010–2019 on siis julkaistu runsaasti puurakentamiseen liittyvää tutkimusaineistoa. Julkaisujen aihepiiri keskittyy useimmiten puisten rakennustuotteiden valmistukseen ja palonsuojaukseen, puurakenteiden seinärakenteiden kehittämiseen, puujulkisivujen kehittämiseen, puisten sisäkattojen kiinnittämiseen, historiallisiin puusisäkkätköihin, puurakennusten BIM-perusteiseen suunnitteluun, puurakenneliitosten kehittämiseen, puurakenteiden maanjäristyskestävyyden parantamiseen, puukerrostorakenteisiin, puun saatavuuteen ja kierrätykseen, puurakenteiden vaurioiden korjaamiseen, puun ja teräksen tai lasikuidun yhdistelmärakenteisiin sekä puurakentamisen historiallisiin tarkasteluihin.

Yhtenä esimerkkinä moninaisista puurakentamisen artikkeleista voidaan mainita Gabrenasin vuonna 2018 julkaisema "Metamorphoses of the wood material in architecture". Artikkelitarkastelee rakennusosia tai pintoja, jotka näyttävät puulta mutta ovat muuta materiaalia, tai ne on tehty puusta mutta näyttävät jollekin muulle materiaalille. Tutkimus liittyy siihen, että puu koetaan usein vain tietyn tyyppiseksi materiaaliksi rakentamisessa. Toisena esimerkkinä mainittakoon Al-Qaryoutin vuonna 2019 julkaistu tutkimus "Computational design and digital fabrication of folded timber sandwich structures". Siinä tarkastellaan tehdasvalmistettujen uuden tyyppisten puisten seinäelementtien rakennetta ja asentamista.

Merkittävä osa artikkelilihaussa esiin tulleista tutkimuksista käsitteli historiallisten rakenteiden tekotapaa ja kestävyyttä sekä puurakenteiden hyvää maanjäristyskestävyyttä. Edellä mainitut tutkimukset sijoittuvat useimmiten Aasiaan, kuten Japaniin, Kiinaan tai Malesiaan, kuten esimerkiksi "Experimental study on the seismic mechanism of a full-scale traditional Chinese timber structure" (Meng, Yang 2019). Edellä mainitun perusteella vaikuttaa siltä, että suurten puurakenteiden arkkitehtoniseen muotoiluun ja ominaisuuksiin rajoituvia artikkeleita ei juurikaan ole julkaistu viime vuosien aikana. Haettaessa arkkitehtoniseen muotoon liittyviä artikkeleita löytyy julkaisuja, jotka käsittelevät lähinnä yhdyskunta- ja kaupunkisuunnittelua tai arkkitehtuurin eri suuntausten muotoihanteita.

Tutkimuksen toisena, empiirisenä aineistona ovat eräiden merkittävien puurakenteiden halirakennuksia suunnitelleiden arkkitehtien ja rakennesuunnittelijoiden haastattelut ja näiden hallien systemaattinen havainnointi. Nämä kohteet on valittu niin kutsutun tarkoituk-

senmukaisuusotannan perusteella, mikä rajaa tulosten yleistettävyyttä mutta on riittävä tutkimuskysymyksen kannalta. (Grönfors 1985, 112–118). Haastattelujen ja havainnoinnin apuna on teoriaosuudessa laadittu teema- ja tarkistuslista niistä suurten puurakenteiden arkkitehtonisista ominaisuuksista, joihin huomio kiinnitetään. Tarkistuslistaa voidaan tämentää kenttätutkimuksen aikana, jos löytyy uusia perusteita tutkimuskysymyksen selvittämisen kannalta. (Hirsjärvi 2003, 202–203.)

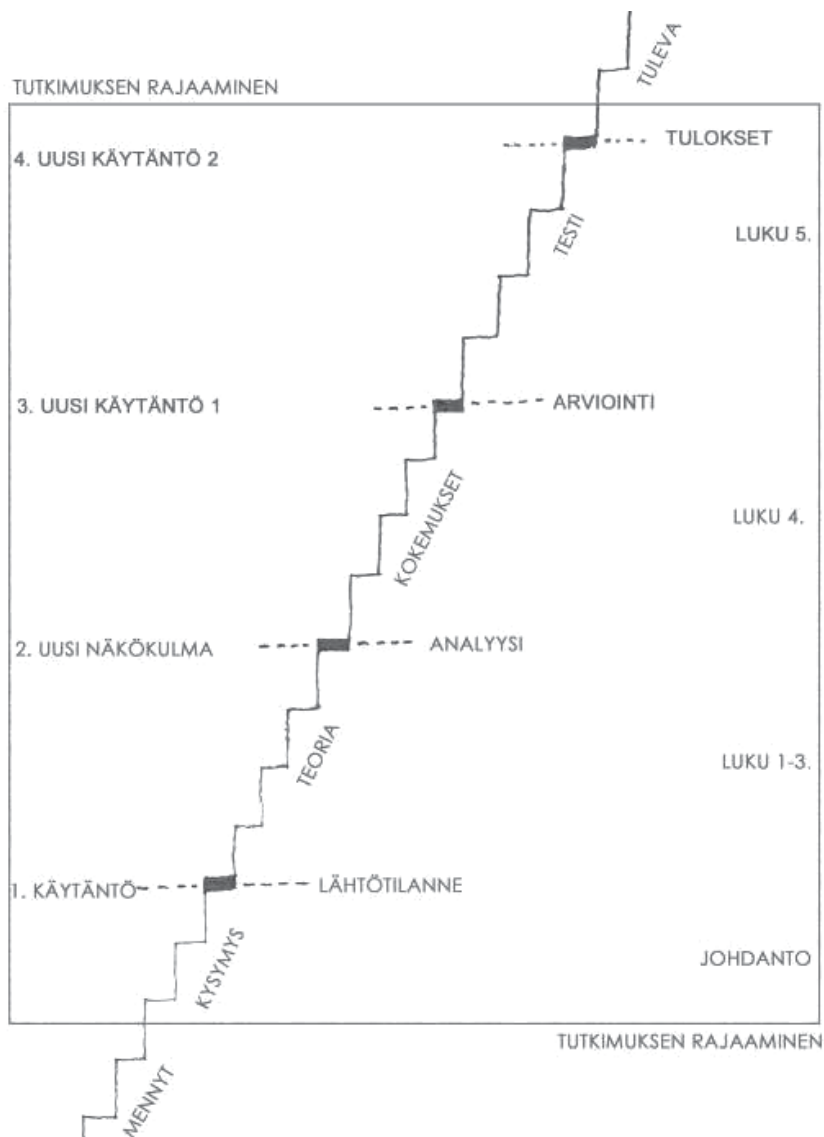
Tässä käytäntöpainotteisessa työssä tutkimuksen laatua voidaan seurata, kun tarkastellaan tutkimuskysymykseen liittyviä, juurtuneita käytännön oletuksia. Arviointikriteerinä ovat totuusarvon luotettavuus, sovellettavuuden siirrettävyys, luotettava jäljitettävyys ja puolueeton vahvistaminen. (Groat, Wang 2002, 35.)

Luotettavuus syntyy useasta haastattelulähteestä ja useasta havainnosta kerätyn tiedon avulla. Tietyt havainnot nousevat pintaan ja tuovat käytäntöjen kautta esiin kokonaisvaltaista uskottavuutta ilmiölle ja prosesseille. Nämä havaitut käytännöt ohjaavat myös tutkimusongelman lähestymistä. Siirrettävyyttä voidaan arvioida johtopäätösten sovellettavuuden avulla eri suunnittelutilanteissa. Luotettavan jäljitettävyyden arvioinnissa tärkeää on tuoda esiin johtopäätösten yhteydessä havaintojen tietyt epävakaat oletukset ja epäilyt, jotta tieto olisi jäljitettävissä. Toisaalta nämä epävakaudet muokkaavat tietoa, joka saattaa olla tärkeää uusien oivallusten ja suuntien löytämisessä. Puolueettomuuden vahvistaminen on tärkeää johtopäätösten yhteydessä. Tällöin tuodaan esiin se, että tieto vastaa käytäntöä. Tätä aktivoidaan siten, että tutkija heijastaa johtopäätöksiään käytännön suunnittelutilanteissa. (Mt, 2002, 38–39.)

Työssä on esitetty havainnollisuuden lisäämiseksi useita tutkijan piirtämiä kuvia, joko suoraan havainnointikohteesta tai eri julkaisuissa esitettyjä kuvia lähteenä käyttäen. Kuvat ovat hyvin luonnosmaisia eli niin sanottua kenttäaineistoa. Niitä ei ole piirretty puhtaiksi, koska käytäntöpainotteisen tutkimuksen luonteeseen kuuluu työstää tutkimusta piirtämällä keskeisiä havaintoja muistiin. Tällöin kuvien alkuperäinen ote on tutkimuksen kannalta tärkeämpää kuin niiden edelleen kehittäminen.

Teoria-, haastattelu- ja havainnointiosuuksia seuraavat tulosten analyysi ja johtopäätökset. Lopuksi sovelletaan uutta käytäntöä tekijän laatimassa uimahallin laajennussuunnitelmassa. Suunnittelussa tehdyt valinnat perustuvat tutkimuksen kuluessa esille tulleisiin teoreettisiin ja empiirisiin löydöksiin. Näin suunnittelukäytäntö toimii dialogissa teoria- ja empiriaosuuden kanssa ja uudenlainen käytäntö muotoutuu vähitellen työn edetessä. Suunnitteluprosessi esitetään niin, että tehtyjen valintojen perusteita on mahdollista seurata. Näin tutkimuskohteesta abstrahoitu tieto johdetaan takaisin käytäntöön, käytännölliseksi tiedoksi (Aura ym. 2001, 36–37).





**Kuva 1.8. Käytäntöpainotteisen tutkimuksen etenemisperiaate.**

Tutkimuksen rakenne noudattaa käytäntöpainotteisen tutkimuksen luonnetta. Lähtökoh-  
tana on vallitseva käytäntö, joka problematisoidaan ja jota käsitellään teorioiden ja empiiri-  
sen aineiston valossa. Saatuja tuloksia käytetään perustana käytännön sovelluksessa, jossa  
tutkimuskohteesta abstrahoitu tieto johdetaan takaisin käytäntöön.



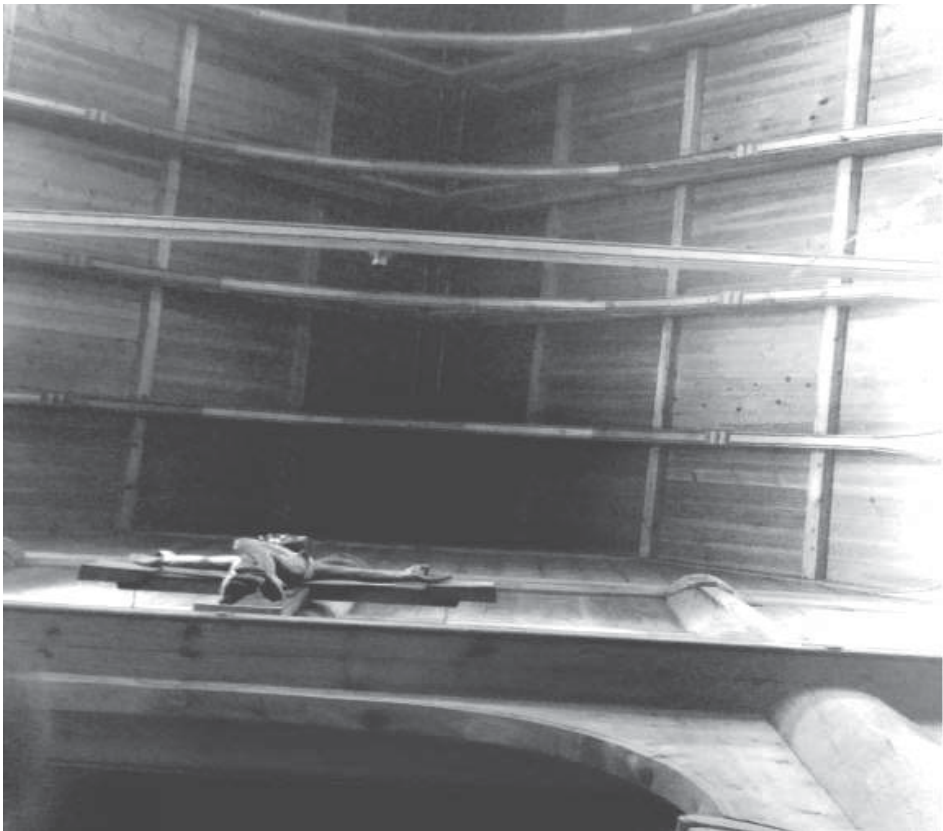


**Kuva 1.9.** Baseball -areenan puinen kuorirakenne hallitsee sisätilan arkkitehtuuria, Odate dome, Japani. Areenaa varten on kehitetty kuorirakenne, joka muotoutuu pelipallon lentoradan mukaan. Arkkitehtoninen ilmaisu on visuaalisesti selkeä ja dynaaminen. (Kuva: Detail 6/1998, 690.)

## 2. Puurakenteen muodon historiaa

Seuraavassa tarkastellaan puurakenteiden arkkitehtonisia muototavoitteita eri aikakausina puurakennustekniikan ja arkkitehtuurin historian kirjallisuuden avulla. Tavoitteena on etsiä viittauksia muodonannon periaatteisiin ja tehdä havaintoja rakennusteknisen osaamisen ja arkkitehtonisten tavoitteiden suhteista. Tarkastelu rajoittuu eurooppalaiseen rakentamiseen.

Seuraavassa on esitetty tiivistelmä historiallisesta tarkastelusta. Laajempaa tarkastelua on esitetty Oulun yliopiston julkaisussa *Patinoituu ja Paranee – Moderni Puukaupunki* – Tutki-  
jakoulu 2003–2006.



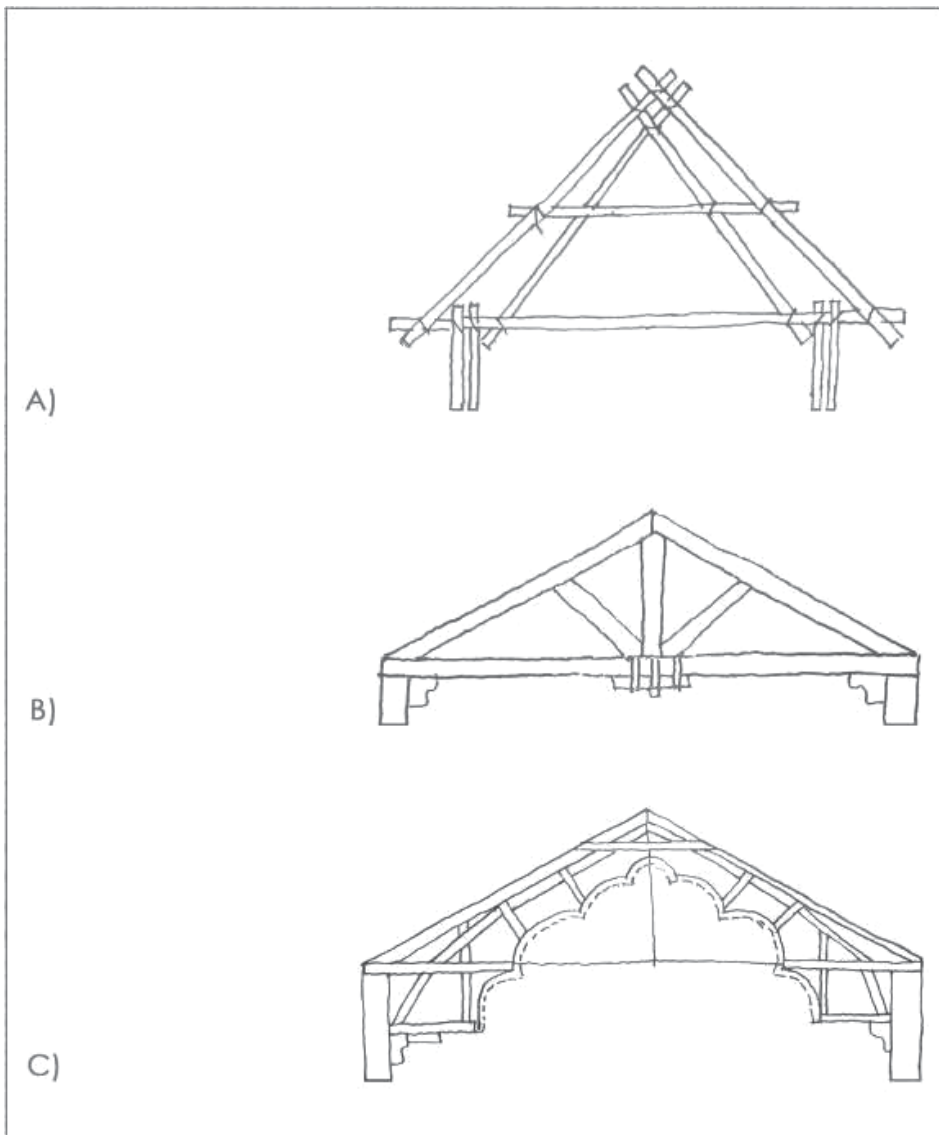
**Kuva 2.1** Heddalin sauvakirkon pystyrakenne ja kattotuolit 1200-luvulta. Arkkitehtuurin ja rakenteen visuaalinen suunta on ylöspäin, kohti taivasta. (Kuva: Eskolin 2002.)

## **2.1. Puurakenteen ja muodon varhainen vuorovaikutus**

Alppien pohjoispuolisella alueella käytettiin jo kivikauden aikana runko- ja kattorakenteita, jotka oli saatu aikaan köysillä yhteen liitetyistä pyöreistä puusauvoista. (Gattnar 1961, 5.) Oletettavaa on, että tällaiset puiset konstruktiot ovat olleet oleellinen visuaalinen tekijä sisätilassa. Myös rakennuksen ulkoinen hahmo muotoutui puurakenteen hahmon mukaisesti.

Minolaisen kulttuurin (noin 2000–1250 eKr.) palatsirakentamisessa käytettiin massiivisia, muodoltaan alaspäin suippenevia puupilareita, jotka upotettiin nelikulmaiseen laattajalkaan. (Lindberg 1940, 54–57.) Myös helleenisen Kreikan (noin 700–140 eKr.) aikana saivat muun muassa temppelirakennusten doorilaisen järjestelmän kivipilarit aluksi muotonsa vahvoista ja pulleista puupilarien muodoista. Varsinaisen kattorakenteen kannattajat olivat kaikissa vaiheissa kuitenkin puuta. (Lindberg 1940, 60–65.)

Pyöreän puun hyödyntäminen oli keskeinen tekijä varhaisten rakenteiden muodonannossa. Arkaaiset, minolaiset ja mykeneläiset puiset pilari- ja palkkirakenteet edustivat esineellistä ajatustapaa käsitellä rakennusta. Tavoitteena oli eräänlainen kestävyys ja pysyvyyden ilmaisu. Rakenteen kokoonpano oli tektonista, ja tekotapa oli hyvin luettavissa. Visuaalinen kiinnittyminen perustasoon lisäsi kestävyys vaikutelmaa.



**Kuva 2.2. Varhaisia - ja varhaiskristillisen ajan puurakenteita. A)** Kivikautinen puurakenne (noin 3000 eKr.). Malli on peräisin läheltä Württenbergiä mutasuossa säilyneestä löydöstä (Gattnar 1961, 5). **B)** Varhaiskristillisen ajan basilikoissa puiset kattotuolit olivat kolmionmallisia, ja niiden jänneväli saattoi olla jopa 30 metriä (Chilton 1998, 129). Tällainen on muun muassa Lorenzo fuori le mura-, jonka keskilaivan kattorakenteen jänneväli oli yli 24 metriä (Chilton 1998, 129). Kuvassa on kristillinen basilika Nativity vuodelta 500 Betlehemissä. Sen kattorakenteena on näkyvä puukonstruktio (Reaburn 1980, 83). **C)** Romaaninen avoin puurakenne (Hess 1943, 132).

Romaanin vallan varhaiskristillisellä ajalla puurakenteita käytettiin yleisesti muun muassa kristillisissä basilikoissa. Keski- ja sivulaivojen kattorakenteet muodostuivat näkyvistä puukannattajista. Puurakenteet oli veistetty tai maalattu usein koristeellisesti. (Lindberg 1940, 116–123.) Kattorakenteen sisäverhouksena saattoi olla myös tasainen puukatto (Norwich 1987, 81).

Helleenisen ajan esineellisestä ja staattisesta tavasta käsitellä rakennusta oli edetty jo selvään tilan muodostuksen ilmaisuun. Kapean ja korkean tilan yläosaa rajasi visuaalisesti hyvin voimakas puurakenne, joka nähtiin merkittävänä osana sisätilan arkkitehtuuria, ja siksi sille asetettiin korkeat esteettiset tavoitteet. Puurakenteet muodostivat selvästi itsenäisen elementin tilan rajauksessa, ja materiaalisuus vain korostui koska muut pinnat olivat pääasiassa kiveä. Kattorakenne muodostui suhteellisen isoista ja suorista osista. Pienemmät sekundaarisat kevensivät ja tihensivät rakenteen kokonaisvaikutelmaa.

## **2.2. Puurakenteiden muodon merkityksen kasvu**

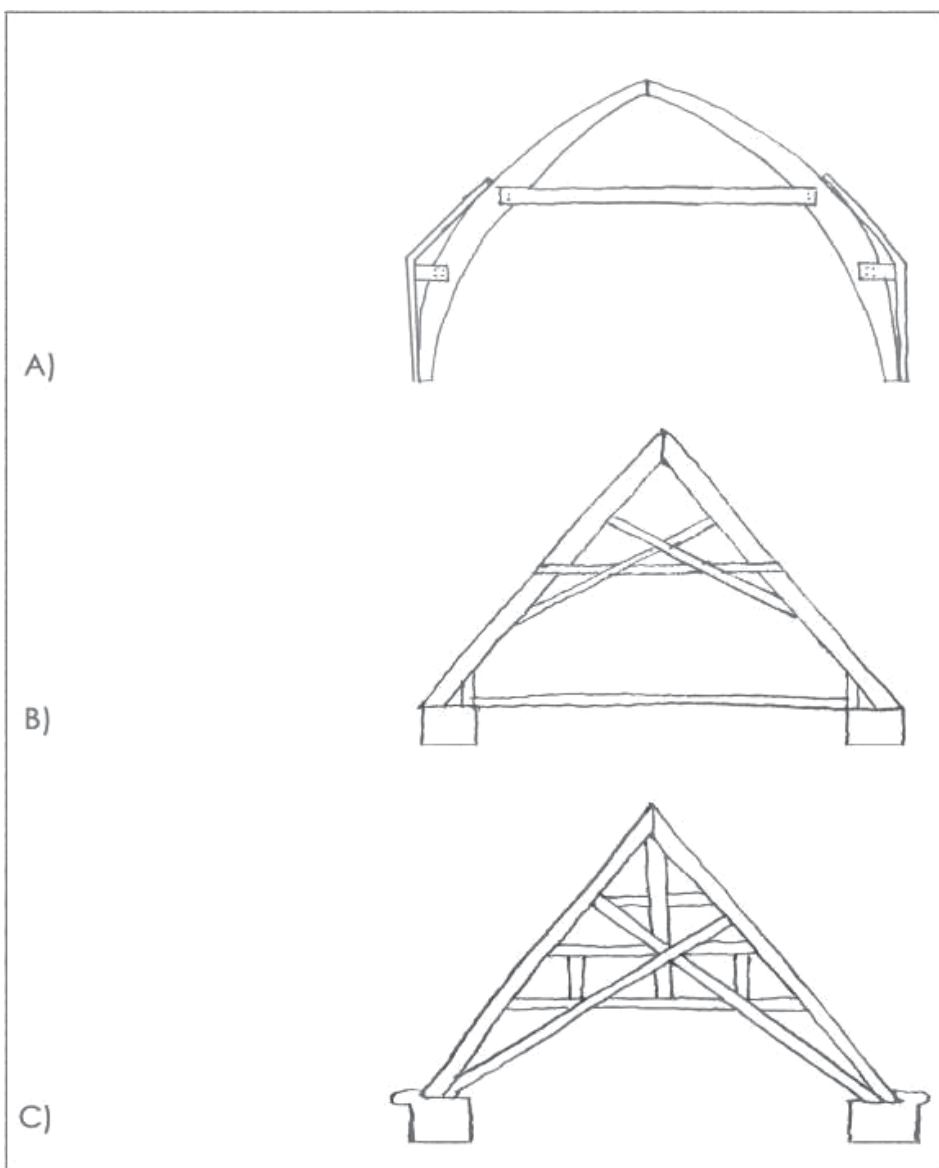
Italiassa roomaanisen kirkon esikuvana oli edelleen basilika ja puurakenteinen katto. Kattorakenne tunnettiin nimellä ”roomalainen katto” (Wedler 1961, 16). Arkkitehtoninen ilmaisu perustui pitkälti varhaiskristillisen ajan perinteeseen.

Pohjois-Saksassa ja Englannissa käytettiin roomaanisten kirkkojen rakennusaineena aluksi puuta. (Chilton 1998, 129.) Puurakenteinen kattopinta muodostui visuaalisesti pienistä osista, ja erityisesti korostettiin vinopaarteita. Tämä tarkoitti sitä, että ulkoinen harjakaton muoto oli voimakkaammin aistittavissa sisätilassa ja myös vertikaalinen suunta korostui.

Norjalaiset kokonaan puusta rakennetut sauvakirkot ovat sekä muodonannoltaan että rakenteellisesti oma ryhmänsä. Vaikutteita saatiin kuitenkin mannermaan roomanisesta tyylistä. Sauvakirkoissa toteutuu jopa puhtaammin ajatus sisätilan ja ulkotilan samanmuotoisuudesta. Sisätilan kapeus ja suhteellinen korkeus loivat selvästi ylöspäin suuntautuvan visuaalisen liikkeen, joka oikeastaan oli tulevan gotiikan ajan keskeinen muototavoite. (Chilton 1998, 125–126.)

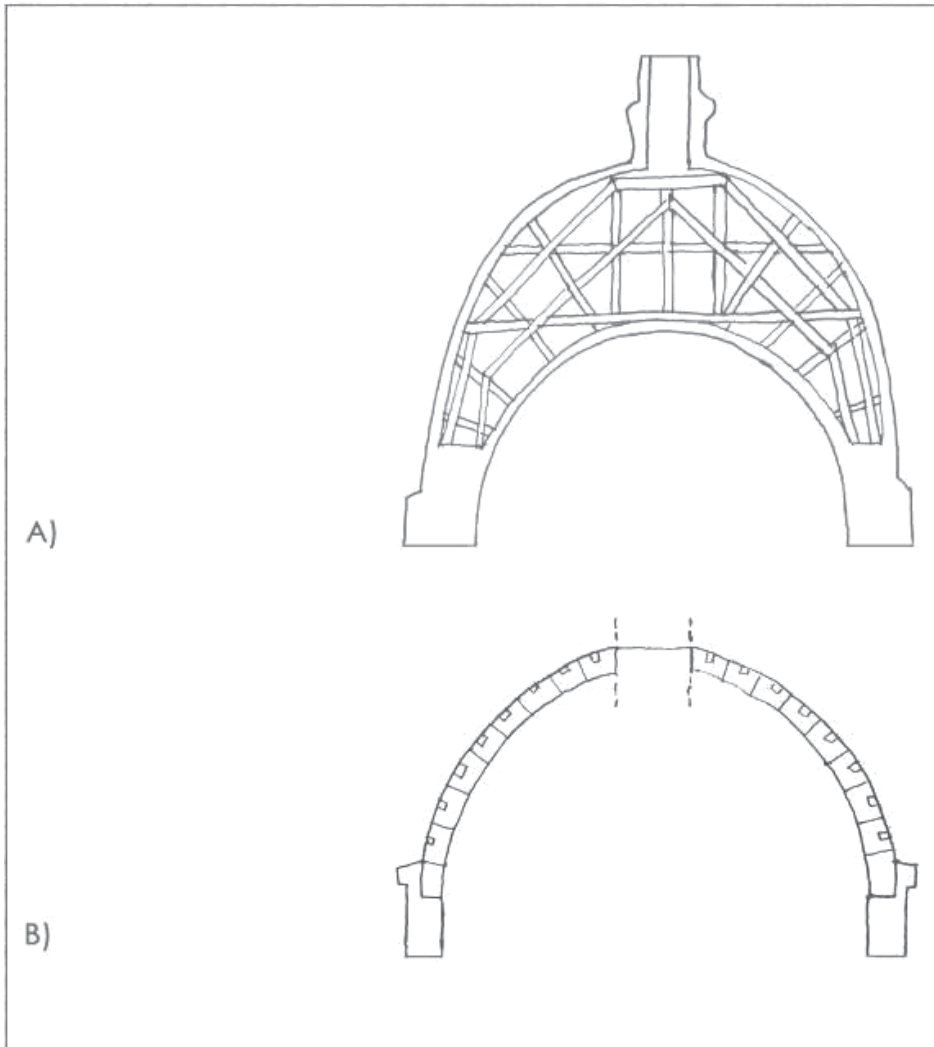
Gotiikan aikana Englannissa oli käytössä useita eri puurakennemalleja. Erityisesti perpendikulaar-tyyli suosi rikasmuotoisia puukatteita. (Lindberg 1940, 194–195.) Varsinainen kantava rakenne saattoi hävitä visuaalisesti koristeellisten puupaneeli-osioiden joukkoon (Gibberd 1997, 40). Lähtökohtana olivat gotiikan arkkitehtuuri-ihanteet, joiden mukaan rakenteen osat liittyivät saumattomasti toisiinsa ja muodostivat kuin yhdestä massasta muovaillun kokonaisuuden. Käytössä olivat sidepalkki- ja kaksoissidepalkkirakenteet, joiden mallit otettiin laivanrakennustekniikasta (Pevsner 1963, 159–161). Kokonaisvaltaisimmin puuta oli kuitenkin käytetty niin kutsutussa englantilaisessa sivulaivarungossa, joka edusti oikeastaan kivirakenteisen goottilaisen katedraalin puurakenteista versiota (Chilton 1998, 126–128).

Näissä englantilaisissa rakenteissa visuaalisesti kehämäisen rakenteen muotokieli periytyy jo roomaniselta kaudelta. Rakenteissa muodon plastisuus voimistuu ja suhteet korostavat vertikaalista liikettä. Puurakenteet koostuivat pienistä ja tiheään asetetuista osista. Osien liitos muodosti jatkuvan, plastisen muodon. Gotiikan rakenteiden jäykistävänä tekijänä oli painovoima, joka tuki rakenteita symmetrisesti toisiinsa (Ålander 1954, 450).



**Kuva 2.3. Gotiikan ja renessanssin ajan puurakenteita. A)** Keskiajalla Englannissa talot ja tallit tehtiin kaaripuurunkona, laatikkomaisena kehärunkona tai sivulaivarunkona. Kaaripuurungon jänneväliä voitiin kasvattaa siten, että sidepuu liitti yhteen saman kaaren eri osat. (Chilton 1998, 126–127.) Yleensä puurakenteen liitokset tehtiin keskiajalla tammitapeilla,

puisilla vetotangoilla ja loveuksilla (Lundsten 2000, 18). **B)** Pohjoiseurooppalaisten kirkkojen kattorakenteen periaate 1100–1400-luvulta (Gattnar 1961, 6). **C)** 1700-luvun saksalaisia puurakennetyyppejä, joilla päästiin noin 20 metrin jänneväleihin (Gattnar 1961, 8).



**Kuvat 2.4. Barokin ajan puurakenteita. A)** Pariisin Les Invalides, jossa kirkon kupolissa on puuta hyödynnetty vain osittain eli piiloon jäävissä rakenteissa (Glancey 2000, 74). **B)** l'Ormen kupolin rakenne koostuu suhteellisen lyhyistä osista, jotka on liitetty toisiinsa porrastaen sekundaarirakenteen avulla (Lundsten 2000, 15). Aina 1700-luvulle asti tätä rakennetta pidettiin erittäin edistyksellisenä (Cornell 1968, 98).

Varhaisrenessanssin ajalla Italiassa kirkkorakennuksien kattorakenteena on käytetty puuta edelleen basilikamaiseen tapaan, kuten Firenzessä S. Lorenzon kirkossa (Lindberg 1940, 233). Varhaisrenessanssi yhdisti yleensä kaaren ja pylvään visuaalisesti yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Rakenteesta muodostui myös itseään jäykistävä kokonaisuus. Pilarin dimensiot olivat sirot, minkä ansiosta ilmaisu oli visuaalisesti dynaamista. Rungon muodon näkyminen sekä sisä- että ulkotilassa korosti tekotapaa. Renessanssin rakentajat loivat ajatuksen siitä, että arkkitehtoninen tila kuvastuisi myös rakennuksen ulkoasussa. Tulos on oikeastaan synteesi antiikin esineellisestä ilmaisusta ja gotiikan tilavaikutelmasta. (Ålander 1954, 95–133.)

Sen sijaan Keski-Euroopassa kehitettiin puurakenteita vastaamaan aikakauden muotoihin. Ranskassa vaikutti arkkitehti ja insinööri Philibert de l'Ormen, joka tunnetaan muun muassa laudoista koottujen kaarikannattajien keksijänä (Lindberg 1940, 262). Hän kehitti vuonna 1570 teoreettisen mallin puurakenteisesta kupolista (Lundsten 2000, 15). Tavanomaista kuitenkin oli, että kupoleissa puuta ei vielä tuolloin hyödynnetty arkkitehtonisessa ilmaisussa. Esimerkiksi Pariisin Les Invalides kirkon kupolissa on puuta hyödynnetty vain osittain eli piiloon jäävissä rakenteissa (Clancey 2000, 74).

Saksassa käytettiin suuria kattotuoleja, alte Hängewerke -rakennetta (Hess 1943, 129). Muutakin kattotuolisysteemiin perustuvia puurakennemalleja oli useita (Gattnar 1961, 8). Ulkoisesti ne muodostivat melko jyrkän kattopinnan.

Barokin ajan puurakenteita koko Pohjois-Euroopassa yhdistää rakennuksen muotokieli, jossa melko jyrkän kattorakenteen osuus koko rakennuksen massoittelussa korostuu. Sisätila oli tuona aikana usein käsitelty omana aiheenaan eikä kantava rakenne muodostunut arkkitehtoniseksi tekijäksi. Siellä, missä kantava rakenne oli osa sisätilan arkkitehtuuria, puurakenteet muodostuivat selvästi erillisistä massiivisista osasista. Tällainen oli muun muassa Saksassa käytetty alte Hängewerke -rakenne (Hess 1943, 129).

Puurakenteinen kupoli toteutettiin ensi kertaa Ranskassa Pariisissa, Halle au Ble'ssa vuonna 1780. Se perustui l'Ormen-periaatteeseen. Kupoli kattoi ympyränmuotoisen pihan, joten kupolin rakenteet nojasivat ja tukeutuivat ympäröiviin rakennuksiin. Kupolin kaaret oli tehty suhteellisen lyhyistä osasista, joten kupolin ratkaisemiseen liittyy oleellisesti puuliitosten kehitys. (Lundsten 2000, 15–18.)

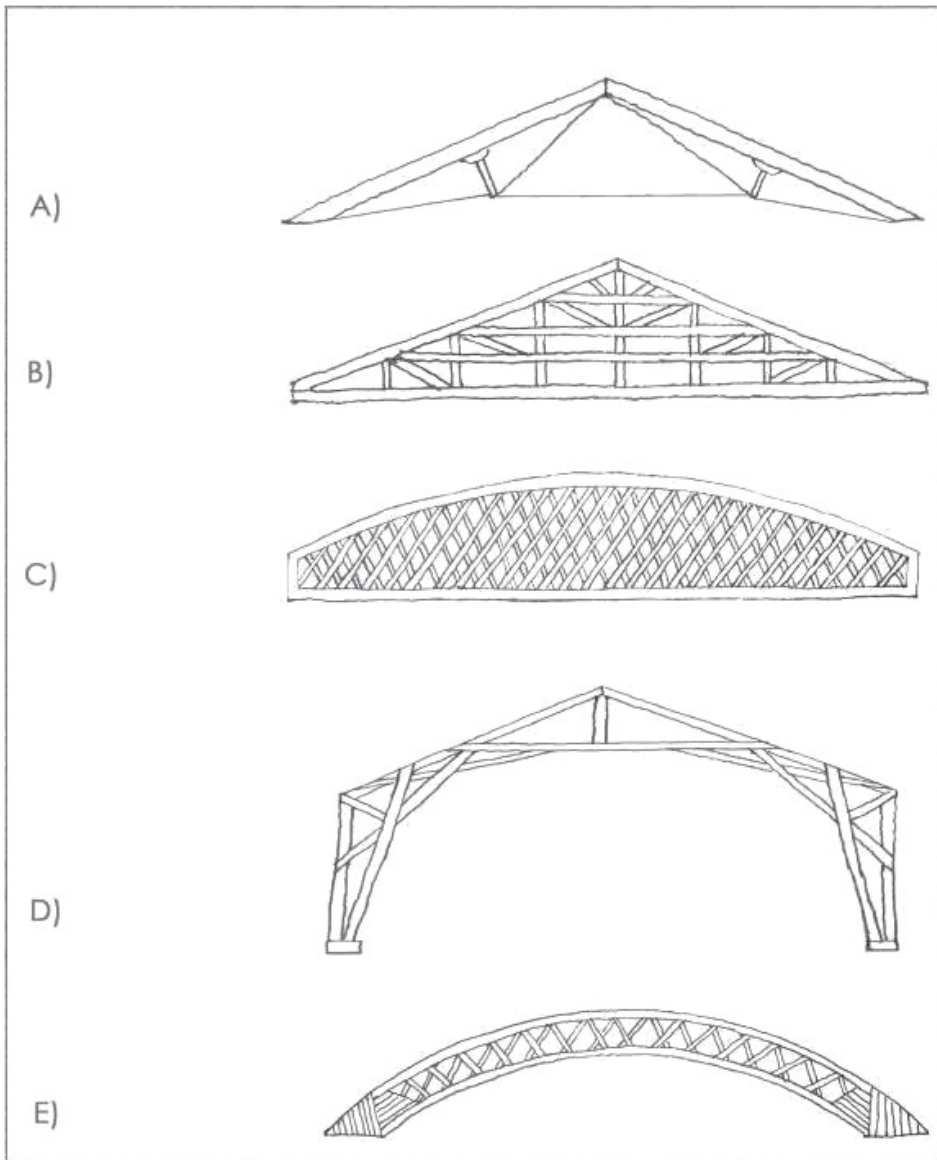


### 2.3. Kohti teollista puurakentamista

Suomessa toteutettiin uusklassismin ja empiren kaudella ensi kertaa puinen kupolirakenne, Vimpelin kirkko (1807), jonka kantava kupolirakenne on puuta. Tekijä oli Jaakko Tuomaanpoika Rijf. Kupolin halkaisija on 24 metriä. (Lundsten 2000, 14–15.) Niin ikään puun ja raudan yhteiskäyttö kantavissa kattorakenteissa lisääntyi, mistä esimerkkinä voi mainita Loviisan Seurahuoneen saksiristikot (Lundsten 2000, 15–23).

Euroopassa pitkille jännevälialueille kehitettiin niin sanottu ylääkäriristikko, jota Englannissa alettiin kutsua nimellä belfast-ristikko (Chilton 1998, 130). Tämä pienistä ristiin asetuista laudoista rakennettu ristikko oli visuaalisesti ilmava. Edelleen pitkien jännevälien rakenteena käytettiin alte Hängewerke -rakennetta, kuten Moskovon ratsastuskoulun maneesissa (Hess 1943, 129).

Ensikertaa voidaan havaita, että puurakenteet saattoivat kehittyä teknisesti myös ilman varsinaisen muototavoitteen innoitusta. Kyse oli oikeammin toiminnan sanelemasta tarpeesta. Hyviä esimerkkejä tästä ovat muun muassa kehärakenne hallikäyttöön, puun ja raudan yhteiskäyttö rakenteen toimivuuden parantamiseksi sekä uudet keksinnöt jännevälien kasvatamiseksi, erityisesti teollisuusrakentamisessa. Uusien rakennemallien arkkitehtoninen hyödyntäminen näyttää olleen aluksi vähäistä. Yleisesti tiedetään, että tuolloin koettiin kantavien rakenteiden visuaalinen arvo vähäiseksi ja että ne tuli piilottaa erilaisilla verhoiluilla.



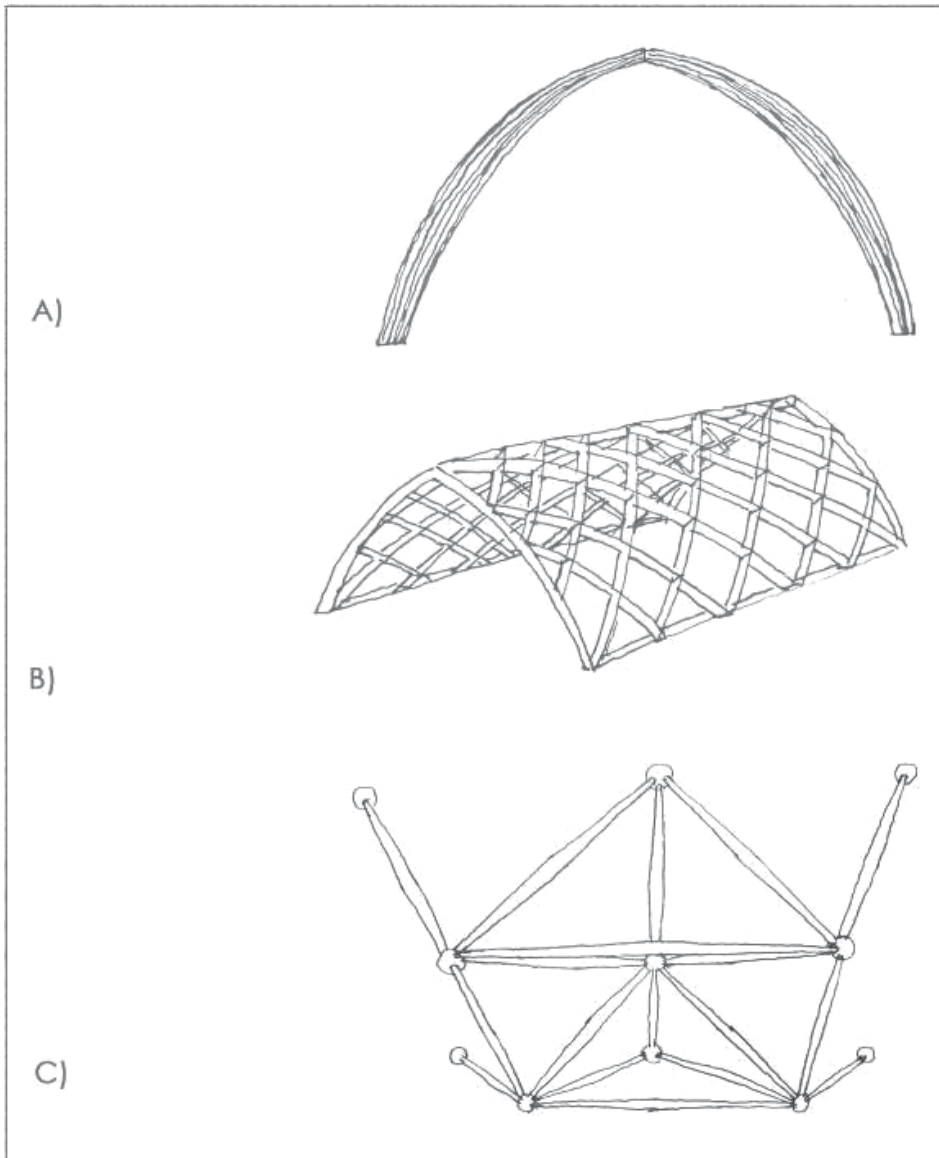
**Kuvat 2.5. 1800-luvun puurakenteita. A)** Camille Polonceaun vuonna 1850 kehittämä rakenne, jossa puupalkit tuettiin keskeltä palkin päihin vetotangolla yhdistetyllä puristussauvalla. Systeemiä sovellettiin myös Suomessa muun muassa Chiewitzin suunnittelemaan Loviisan Seurahuoneen (1854) puisiin saksikattotuoleihin, joissa oli rautainen vetotanko. (Lundsten 2000, 22–24.) **B)** Alte Hängewerke -rakennetta toteutettiin vielä vuonna 1819 Moskovan ratsastuskoulun maneesissa, jossa jänneväli oli 44,6 metriä (Hess 1943, 129). Vastaavaa rakennetta käytettiin vielä 1800-luvun loppupuolella Helsingissä Kaartin maneesissa

(1877), jonka jänneväli oli 35 metriä. Kattorakenteet tehtiin tammesta ja liitoksissa käytettiin hammastuksia, vaarvoja ja takorautaisia vöitä sekä pultteja ja kiiloja. (Lundsten 2000, 25–29.) **C)** Pitkille jännevälialueille (25–55 m) kehitettiin niin kutsutut yläkaariristikot. Eräs versio tästä on kuvassa näkyvä englantilainen belfast-ristikko, jolla päästiin 36 metrin jänneväliin asti. (Chilton 1998, 130.) **D)** Ranskalaisen insinöörin Emy'n oppilas Ardant kehitti nykyistä kehärakennetta muistuttavan puisen hallirakenteen (mt., 9–10). **E)** Düsseldorfilainen arkkitehti Stephen esitti kaarirakenteen ja ristikon yhdistelmän (Gattnar 1961, 10).

Suomessa toteutettiin 1800-luvun loppupuolella arkkitehtonisesti merkittävä näkyvä rakenne Kaartin maneesissa Helsingissä. Sen esikuvana oli Moskovan maneesi. Myös höyrysahojen ja muiden pitempiä jännevälejä vaativien rakennusten kattorakenteet tehtiin samankaltaisella rakenteella. Monissa tuon ajan rakennuksissa katon näkyvät puurakenteet tulivat osaksi esteettistä muotoilua. Esimerkkinä voidaan mainita tullirakennukset, kauppahallit ja voimistelusalit sekä erityisesti Keuruun kirkko. (Lundsten 2000, 25–29.) Näiden rakenteet perustuivat mekaanisin liittimin koottuihin kannattajiin.

Vuosisadan loppua kohti kantavien puurakenteiden käyttö arkkitehtonisena elementtinä taas lisääntyi. Havaittavissa on, että arkkitehtoninen ilmaisu perustui usein massiivisten, mekaanisesti kiinnitettyjen rakennusosien muodostamiin konstruktioihin. Poikkeuksen muodostivat sovellukset, joissa hyödynnettiin esimerkiksi rautaisia vetotankoja ja saatiin syntymään visuaalisesti entistä kevyempää ja ilmavampaa puuarkkitehtuuria. Yleisesti ottaen rakennusten poikkileikkausten horisontaalinen suunta lisääntyi, koska jännevälit kasvoivat toiminnan tarpeen myötä. Myös uusia puurakennemalleja kehiteltiin. Saksassa esitettiin juuri ennen vuosituhannen vaihdetta kaarirakenteen ja ristikon yhdistelmä rautatieaseman käyttöön. (Gattnar 1961, 10.) Mekaanisesti kiinnitettyjä rakenteen osia sovellettiin muun muassa jatkosodan alkaessa, kun lentokonehalleja tehtiin ristikkokaari-rakenteisina ja naulattuina palkkirakenteina (Laitinen 1995, 17). Muualla Pohjoismaissa, kuten Norjassa, puulla oli vahva asema ja se sai erilaisia sovelluksia, kuten Falunin museorakennuksessa (Lindberg 1938, 440).

Saksassa kehitettiin merkittävä puurakenne innovaatio, kun liimapuu patenttoitiin vuonna 1906 (Swanger 1996, 3). Aluksi liimapuurakenteiden muotoa ei koettu valmiiksi rakennuksen muodoksi (Hess 1943, 149). Liimapuutekniikkaa kehittivät myös ruotsalaiset Töreboda-kaareksi nimetyssä sovelluksessaan (Paulsson 1938, 300). Liimapuumateriaalin kehittyneestä ominaisuudesta hyvä esimerkki on Alternendingin kirkko Oberbayernissä. Plastiset liimapuumuodot kattavat noin 16 metrin tilan. (Hoffman 1966, 89.) Muita uusia puurakennemalleja oli muun muassa verkkomainen zollbau-rakenteen periaate, jolla voitiin rakentaa yksittäisistä osasista muodostuvia laajojakin rakenteita (Gutdeutsch 1996, 40).



**Kuvat 2.6. 1900-luvun puurakenteet. A)** Weimarilainen Otto Hetzer patentoi vuonna 1906 “brettschichtholz” (liimapuun). Vuoteen 1910 mennessä oli Hertzerillä 65 BS-Holz-tekniikalla toteutettua rakennusta, joiden jännevälit ylsivät 45 metriin asti. (Scwanger 1996, 2.) Liimapuutekniikkaa kehittivät myös ruotsalaiset sovelluksessaan Töreboda-kaari, jolla on toteutettu vuonna 1937 jänneväliltään 46,9 metriä leveä tennishalli Tukholmassa (Paulsson 1938, 300). Kuvassa liimapuurakenteen muoto (Hess 1943, 149). **B)** Verkkomaisen kuorira-

kenteen eli zollbau-rakenteen periaate esiteltiin vuonna 1923. Perusideana on käyttää yksittäisiä, samanlaisista osasista muodostettavia laajojakin rakenteita. (Gutdeutsch 1996, 40.) Zollbau-rakenne toteutettiin vuoden 1958 Hannoverin messuilla. Puurakenteen päällä oli läpinäkyvä pneumaattinen folio omana rakenteenaan. (Otto 1962, 40.) **C)** Avaruusristikko, joka toteutettiin Wuppertaliin, Christ König -kirkkoon. Rakenne tehtiin kuusisahatavarasta (120 x 120) ja teräsnivelistä (Gatz 1964, 60).

Teknisen kehitystyön yhteydessä syntyi myös "sperrholz" (vaneri) (Scwanger 1996, 3). Myös zollbau-systeemiä kokeiltiin käytännössä vuoden 1958 Hannoverin messuilla (Otto 1962, 157). Puista kuorirakennetta alettiin käyttää 1950-luvun jälkipuoliskolta lähtien. Ensimmäisiä kuorirakenteita oli vuonna 1956 rakennettu Rangoon Collegen juhlasali. Rakenne on tehty viidestä tiikkiipuukerroksesta ja sen mitat ovat 46,6 x 28,3 metriä, ja rakenteen paksuus on 85 millimetriä. (Chilton 1998, 135.) Vuonna 1962 rakennettu Bremen-Grollandin kirkko, joka perustuu kahden pääkaaren väliin muodostuvaan kuoreen (Otto 1966, 57). Uusia innovaatioita oli myös puinen avaruusristikko, joka toteutettiin Wuppertalissa, Christ König -kirkossa (Gatz 1964, 60).

Uudet rakenteelliset innovaatiot pystyttiin hyvin nopeasti hyödyntämään arkkitehtonisten ominaisuuksiensa osalta. Avaruusristikoilla ja kuorirakenteilla saavutettiin visuaalista keveyttä. Uudet rakenteet suosivat leveitä dimensioita, jotka ilmaisevat horisontaalista liikettä. Kuorirakenne mahdollistaa hybridiset ja ainutkertaiset muodot ja plastiset hahmot. Eräs näiden rakenteiden uusi ominaisuus ovat epäsymmetriset muodot. Verkkomaisten kuorirakenteiden läpinäkyvyys foliomaisella kattopinnalla toi esiin rakenteen visuaalisuutta myös ulkoarkkitehtuurissa.

Suomessa toteutettiin 1950-luvulla Alvar Aallon suunnittelemat Säynätsalon kunnantalo ja Otahalli, sekä Kaija ja Heikki Sirenin suunnittelemat Otaniemen kappeli ja Servin mökki. Näiden rakenteissa käytettiin vielä naulaamalla ja mekaanisin liittimin koottuja kehä-, palkki- ja ristikkorakenteita (Valkama 1999, 74), joita oli kehitetty jo ensimmäisen maailmansodan aikana (Gattnar 1961, 10). Liimapuun valmistus aloitettiin Suomessa sodan jälkeen sotakorvaustoimitusten yhteydessä. Suomessa viilupuun (Kertopuun) tuotannollinen toiminta alkoi 1970-luvun puolessavälissä. Tänä päivänä valtaosa suurten jännevälien puurakenteista tehdään teollisesti liimatusta puusta.

## **2.4. Siirtyminen puurakenteiden muototavoitteen korostamiseen**

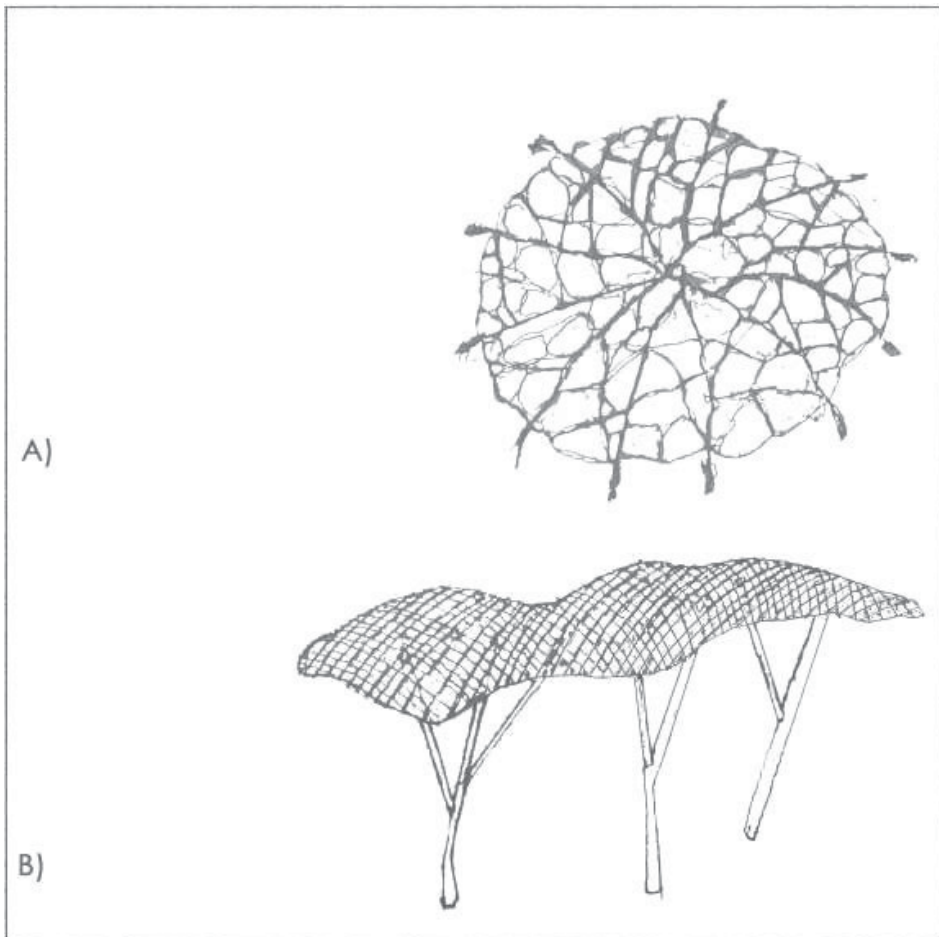
Arkkitehtoniseen muotoon vaikuttivat 1950-luvulla yleisesti modernismin ajatukset. Niiden mukaan oli tyypillistä vetää pystyrunko fasadin tasosta rakennuksen sisään, jolloin rungon ruudukko ei enää hallitse julkisivua. Optinen liike on nyt horisontaalinen, ja samalla syntyy keveyden ja aineettomuuden vaikutelma, jota tehostaa vielä se, että rakennus saatetaan nostaa ohuiden pilarien varaan, irti maanpinnasta. (Ålander 1954, 464–468.)

Toisaalla esimerkiksi Alvar Aalto suosi plastista, orgaanista ja vapaata muotoa ja vapaata viivaa. Viipurin kirjastossa hän käytti ensi kertaa vapaata tilan muotoilua. (Ålander 1954, 478–482.) Samantapainen ote näkyy myöhemmin postmodernissa tilakäsityksessä, jolle ovat tyypillisiä murtuvat, ristikkäiset tai sisään tunkeutuvat muodot (Jencks 1985, 373–379). Postmodernille tilakäsitykselle on tyypillistä irrationaalisuus ja moniselitteisyys, jotka ilmenevät

tilan epäselvinä rajakohtina, kerrostuneina ja limittyneinä tilasarjoina, perustason ja pystytason manipulointina sekä rakenteen tekotavan kätkemisenä (Jencks 1977, 118–121).

Nykypäivän arkkitehtuurissa muodonanto perustuu enemmän esimerkiksi maanmuotojen, murtomuotojen tai sulavamuotoisten fraktaalien jäljittelyyn. Yhteistä näille muototavoitteille ovat epäeuklidisuus, tilanmuodostuksen laajeneva dynaamisuus, monikerroksellisuus ja muotojen yhdistelmät eli eräänlainen hypertila. Esimerkkinä tämän ajan rakennuksista nousee Frank Gehryn Guggenheim-museo Bilbaossa. (Jencks 2002, 214–250.) Näitä viimeisimpiä muotoja on toteutettu myös puurakenteisina ja niihin on sovellettu erilaisia kuori- ja kaarirakenteiden yhdistelmiä.

Suomessa viitteitä näistä kansainvälisistä virtauksista alkoi näkyä 1990-luvulla, kun arkkitehtuurissa alettiin hyödyntää liimaamalla valmistettujen rakenteita. Uudet muodonannon tavoitteet alkoivat näkyä erityisesti julkisessa rakentamisessa, jossa ryhdyttiin etsimään suurten puurakenteiden arkkitehtonisia ilmaisumahdollisuuksia. Eräänä esimerkkinä tästä ovat Lahden Sibeliustalon sisääntulohallin puunoksistoa jäljittelevät rakenteet.



**Kuva 2.7. Muodon ja rakenteen uudet vuorovaikutussuhteet. A)** Luonnongraafinen kudosmainen kuorirakenteen ja kupolimuodon yhdistelmä (Kuva: Architectural Design 2004 4, 117). **B)** Puiden ja metsäisen luonnon muotoja, sauvamaisia rakenteita (Kuva: Architectural Design 1997 9/10, 94–95).

## 2.5. Päätelmiä

Historiallinen katsaus osoittaa, että puurakenteita on käytetty Euroopassa jo ainakin 5000 vuoden ajan. Näkyvänä arkkitehtonisena rakenteena niitä on käytetty muun muassa minolaisessa kulttuurissa, hellenistisessä Kreikassa, kristillisen kirkkorakentamisen eri aikakausina, kuten varhaiskristillisellä ja roomalaisella ajalla sekä gotiikan, renessanssin ja barokin kausilla, ja edelleen nykypäivän kirkkorakentamisessa. 1900-luvulla suurten puurakenteiden käyttö on yleistynyt erilaisissa urheilu-, monitoimihalli- ja teollisuusrakennuksissa.

Puu on siis säilyttänyt asemansa rakennusmateriaalina, ja puurakenteita on käytetty kaikin eri aikakausina. Puurakenteet ovat oikeastaan kehittäneet oman versionsa kulloinkin vallitsevasta arkkitehtonisesta ajattelutavasta.

Parhaimmillaan puurakenteilla on pystytty yhdistämään tekniset, toiminnalliset ja esteettiset vaatimukset. Toiminta on edellyttänyt tiettyjen jännevälien aikaansaamista, ja ne on ratkaistu kehittämällä aikaisempia rakenteita tai uusien staattisten rakennemallien avulla. Puurakenteilla on pystytty aikaansaamaan kulloisellekin aikakaudelle asetetut jännevälitavoitteet. 1800-luvun loppuun mennessä kyettiin toteuttamaan noin 25 metrin jännevälejä ja 1900-luvun alusta alkanut materiaalin ja rakenteen kehitys tuotti nopeasti yli 50 metrin jännevälejä. Tänä päivänä voidaan toteuttaa jopa yli 100 metrin puurakenteisia jännevälejä.

Tällä hetkellä käytössä olevat puurakennejärjestelmät ovat saavuttaneet nykyisen kehitysvaiheensa pääasiassa 1920–1960-luvuilla. Niitä kaikkia on toisaalta käytetty jo ennen teollisesti liimaamalla tuotetun puun valtakautta, ja useat eri aikakausina toteutetuista suurista puurakenteista ovat jäljellä tänäkin päivänä. Tämä osoittaa, että puurakenteet voidaan suunnitella ja toteuttaa kestäviksi.

Puurakenteita käytetään siis edelleen arkkitehtonisen ilmaisun keinona. Voidaan olettaa, että puuta hyödynnetään tulevaisuudessakin arkkitehtonisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Tätä tukee osaltaan se, että puurakenteiden staattisia malleja, liitoksia ja puumateriaalia itseään tutkitaan ja kehitetään jatkuvasti.

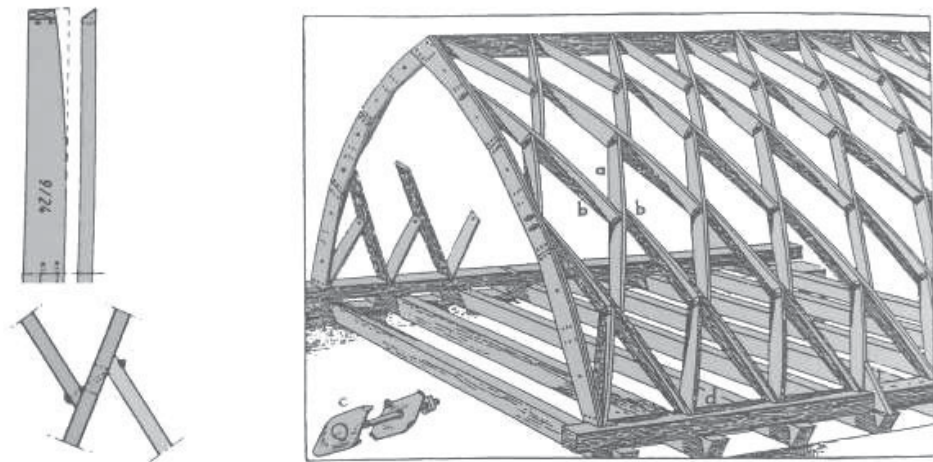
Vaikka teollisesti liimaamalla aikaansaatua puu on nykyisin yleisimmin käytössä suurten puurakennejärjestelmien materiaalina, historiallinen katsaus osoittaa, että suuria puurakenteita on voitu toteuttaa sahatavaran ja veistetyn puun avulla, jopa ilman metalliliitoksia. Niinpä nykyajan tietous puurakenteiden käyttäytymisestä saattaa luoda myös uuden ajattelutavan, jossa yhdistyvät perinteinen tapa käyttää puuta, kehittynyt laskentateknikka ja tämän päivän arkkitehtoniset muodonannon tavoitteet.

Kaikkiaan historiallinen tarkastelu osoittaa, että eri puurakennejärjestelmillä on oma luontainen perusmuotonsa ja siihen liittyvät ominaispiirteensä. Seuraavassa luvussa tarkastellaan näitä piirteitä tarkemmin ja samalla luokitellaan kaikki tällä hetkellä käytössä olevat puurakennejärjestelmät.





**Kuva 2.8** Håkons-hallin puiset kattorakenteet. Rakennus valmistui vuonna 1262, Bergen Norja. (Kuva: Aune Forlag AS.)



**Kuva 2.9** Vuonna 1923 esitelty Zollbau-rakenteen malli. (Kuva: Building in Wood 1996, 40.)

### 3. Suurten puurakenteiden luontainen muoto

Suurilla puurakenteilla tarkoitetaan tässä erilaisia kantavia runkojärjestelmiä. Nämä järjestelmät luokitellaan yleensä staattisten mallien perusteella siten, että jokaiseen malliin liittyy oma, luontainen muotonsa ja geometriansa. Nämä puolestaan määrittävät kunkin rakenteen kyvyn toimia kantavana ja stabiilina runkona rakennuksessa ja ovat siten tärkeä lähtökohta puurakenteen valinnalle, suunnittelulle ja muotoilulle.

Puurakentamisen suomenkielisessä kirjallisuudessa eri järjestelmiä esitellään yleensä melko suppeasti. Usein käsitellään vain yleisimpiä tällä hetkellä käytössä olevia puurakennejärjestelmiä. Poikkeuksena ovat julkaisut STEP 2 Puurakenteet (1998, 145–347) sekä Natterer (1994, 138–263), joissa kuvataan eri järjestelmiä ja niihin kuuluvia alalajeja hyvin hienoja-koisesti sekä kaavioina että käytännön esimerkkien avulla. Nämä kuvaukset tarjoavat hyvän aineiston, jonka perusteella voidaan muodostaa käsitys eri puurakennejärjestelmien synnyttämistä luontaisista muodoista ja niiden mahdollisuuksista erilaisiin variaatioihin ja soveluksiin. Nattererin esittämä jako, julkaisussa Holzbau Atlas Zwei vuodelta 1994, on edelleen sama julkaisun uudemmissa painoksissa, kuten vuoden 2003 painoksessa. Muita yhtä laajoja tarkasteluja ei ole esitetty alan kirjallisuudessa, kuten johdannossakin tuodaan esiin.

Seuraavassa kuvataan erilaisissa sisä- ja ulkotilojen puurakennejärjestelmissä esiintyviä eroja luontaisen muodon osalta. Lähtökohtana on Nattererin (1994, 138–263) esittämä ryhmittely: 1) palkit ja pilarit 2) yhdistetyt palkit 3) sauvarakenteet 4) ristikkorakenteet 5) kehät ja kaaret 6) avaruusristikot 7) kupolit 8) kuorirakenteet 9) riippurakenteet ja ketjutetut rakenteet. Puurakennejärjestelmiin kuuluu kaksi oleellista staattista vaatimusta: eri rakenneosasten liittyminen kiinteästi toisiinsa liitosten avulla sekä jäykistävät komponentit, jotka tekevät rakenteesta stabiilin. Nämä yksityiskohdat vaikuttavat osaltaan rakenteen muotoon ja visuaaliseen yleisilmeeseen silloin, kun kantava rakenne jää näkyviin ja toimii osana arkkitehtonista kokonaisuutta. Liitosten ja jäykistävien rakenteiden osalta on niin ikään käytetty pääasiassa Nattererin (1994, 106–137) esittämää aineistoa ja ryhmittelytapaa. Luvussa tarkastellaan myös tämän päivän arkkitehtuurissa esiintyviä muotoja ja arvioidaan niiden toteuttamista tässä työssä esitettyjä puurakennejärjestelmiä hyväksi käyttäen.

#### 3.1. Puurakennejärjestelmät

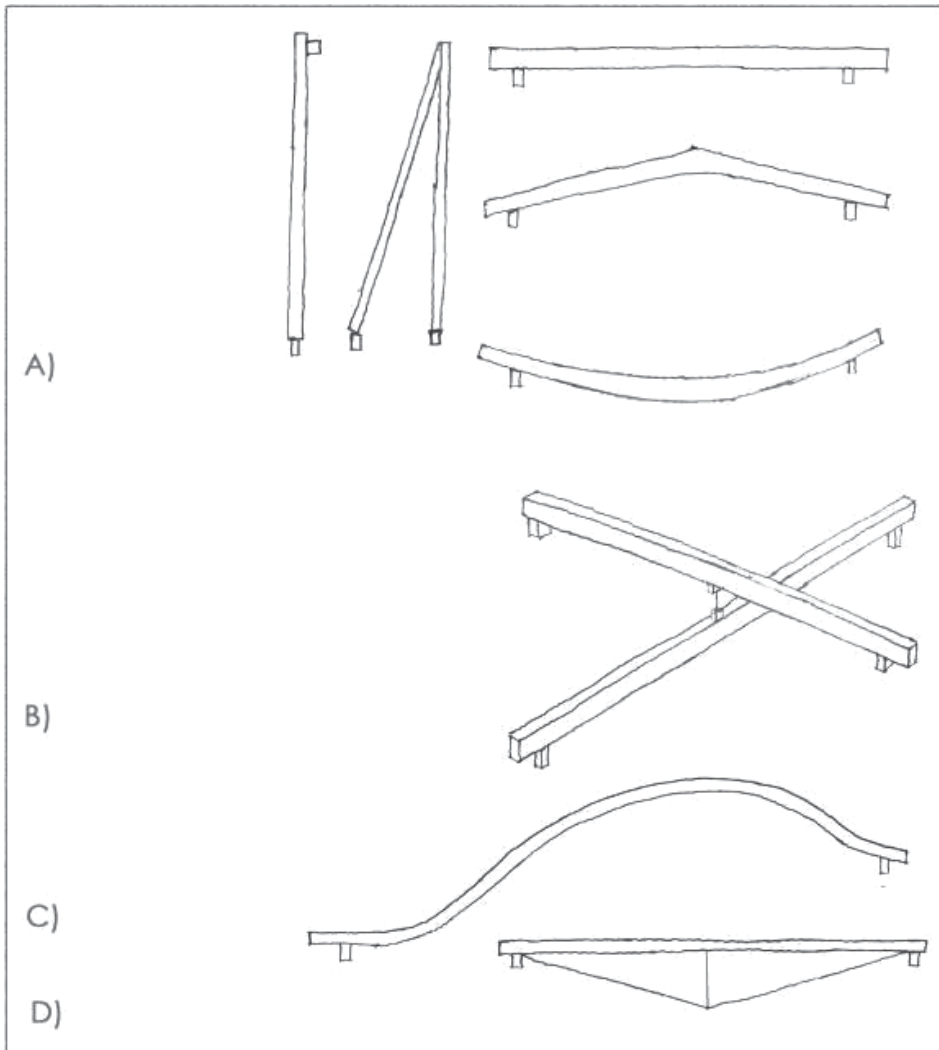
##### Pilarit ja palkit

Palkkien ja pilarien ryhmään katsotaan kuuluvan katto-orret, pilarit, suorat ja kaltevuudeltaan muuttuvat palkit, kaarevat ja taivutuvat, jatkuvat, jäykistetyt sekä tasossa ja eri tasoissa risteävät palkit.

Katto-orsi on tuettu primaarikannatteisiin, ja se yleensä tukee katon alusrakennetta. Katto-orssia voidaan valmistaa kaikista puumateriaaleista, ja niiden jännevälit vaihtelevat yleensä 5–8 metriin. (STEP 2 1998, 145–146.) Suorilla ja korkeudeltaan muuttuvilla palkeilla tarkoitetaan sahatavara-, viilupuu- ja liimapuupalkkeja, jotka voivat olla tasakorkeita, harja- tai kii-lapalkkeja. Tasakorkeiden palkkien yleinen jänneväli on noin 20 metriä. Suurimmat liimapuupalkit ovat noin 50 metriä pitkiä. Tätä rakennusosaa käytetään myös yleisesti pilarina, joka voidaan valmistaa eri puumateriaaleista. (Mt., 151–153.) Kaarevat, massiivipuiset palkit

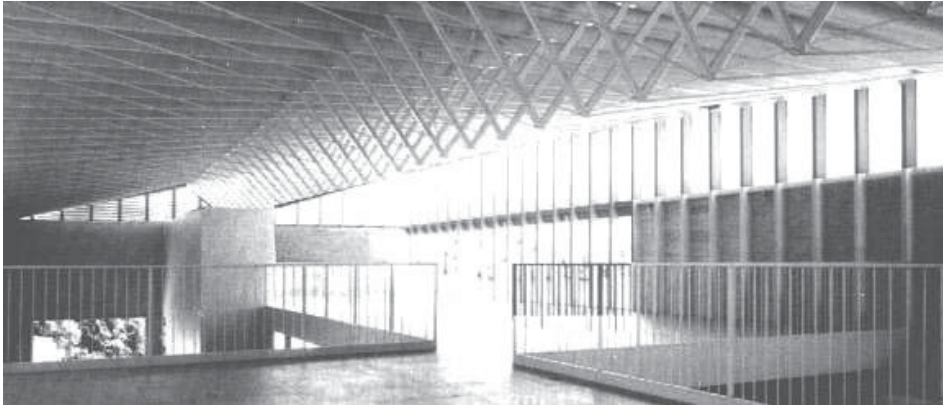
valmistetaan liimapuusta. Kaareva palkki voi olla yhteen suuntaan kaareva, vastaisiin suuntiin kaareva tai kaareva harja- eli bumerangipalkki. Yleinen jännevälialue on 15–25 metriä (Mt., 159–164.)

Pilarien ja palkkien muodostaman rakennuksen ulkomuoto on yleensä suorakulmainen särmiö. Yläpohjan muotovaihtoehtoja kuvaavat tasakatto, pulpetti-, harja- tai kaarevakatto. Rakenteen muodostama pohjan alan muoto on yleensä suorakaide. Rakenteiden sijoittelua vaihtelemalla muutkin muodot ovat mahdollisia. Sisätilan poikkileikkaus seuraa yleensä yläpohjan muotoa. Poikkeuksen tekevät alapuolisesti jännitetyt palkit, joiden rakennekorkeus kasvaa jännevälän keskellä.



**Kuva 3.1. Puiset pilarit ja palkit. A)** Katto-orret voidaan rakentaa vapaasti tuettuina palkkeina, jatkuvina palkkeina, jatkettuina jatkuvina palkkeina tai ristikko-orsina. Katto-orsien jänneväliä voidaan lyhentää vinotuilla tai vahvistaa vetoteräksillä. (STEP 2 1998, 146.) Saha-tavarasta valmistetuilla palkeilla saavutetaan 1–7 metrin jännevälejä, viilupuisilla 7–30 metrin jännevälejä sekä liimapuisilla 7–40 metrin jännevälejä. (Natterer 1994, 160.) Tasakorkean palkin rakennekorkeus on liimapuulla 1/17. Harjapalkki, mahapalkki ja kiila- eli pulpettipalkki muodostavat samalla vesikaton kaltevuuden, 1:10–1:40. Keskikorkeuden tulee olla vähintään 1/20. Taloudellisena jännevälinä pidetään 15–30 metriä, mutta tarvittaessa voidaan valmistaa pidempiäkin välejä. (STEP 2 1998, 151–153.) **B)** Tasossa ja eri tasoissa risteävien palkkien eli arinan avulla saavutetaan sahatavaralla 6–12 metrin jännevälejä ja liimapuulla 12–24 metrin jännevälejä. (Natterer 1994, 238, 240.) **C)** Massiivipuisia kaarevia ja

taitteisia palkkirakenteita (Natterer 1994, 160, 172). Kaarevan harjapalkin rakennekorkeus on  $1/30$ – $1/10$  (STEP 2 1998, 159–164). **D)** Alapuolisesti jännitettyjä palkkeja. Kolmikulmaiset, trapetsi- sekä kalanvatsakannattajat. (Natterer 1994, 174.)



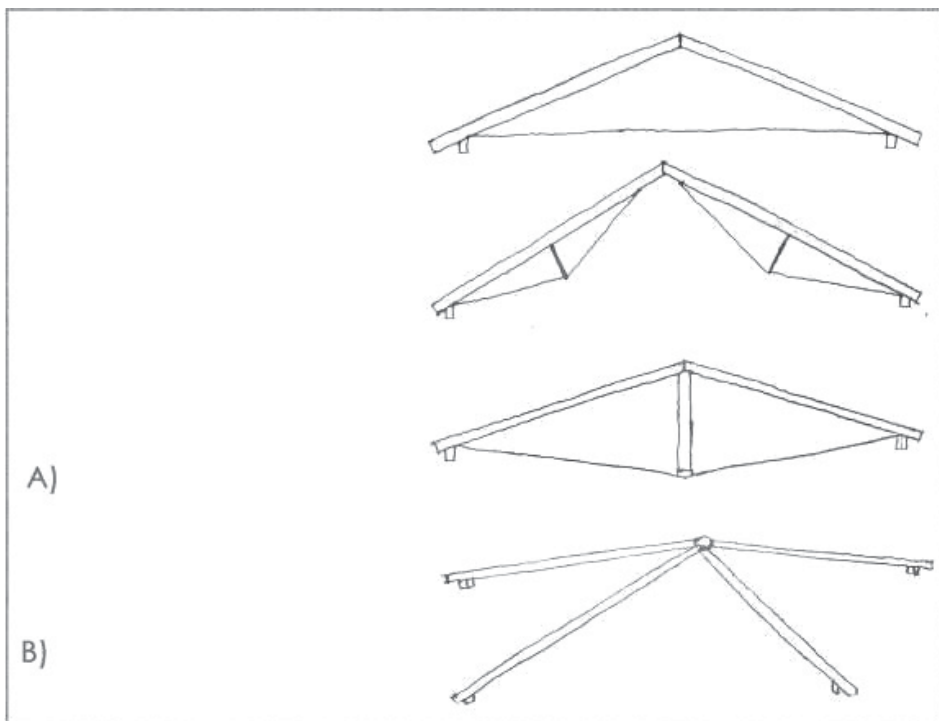
**Kuva 3.2.** Soutukeskuksen palkkirakenne. (Kuva: Architectural Review nov. 2002.)

### **Yhdistetyt palkit**

Yhdistettyjen palkkien luokitukseen kuuluvat sauvoista muodostetut kolminivel–rakenteet, vetotangoilla jäykistetyt sauvat ja säteittäisesti yhdistetyt palkit.

Yhdistettyjä puristussauvoja käytetään, jotta kaksi toisistaan erillään olevaa palkkia saadaan toimimaan yhdessä käyttämällä liittimiä, välikapuloita tai vetotankoja. Yhdistetyillä sauvoilla muodostettujen rakenteiden taloudellinen jänneväli on 15–35 metriä. (Kähkönen 1992, 83, 95.)

Yhdistetyt palkit saavat aikaan yleensä suorakulmaisen särmiön, johon on lisätty yläpohjan kolmiomainen harjakaton muoto. Harjamuoto hallitsee arkkitehtonisesti yhdistettyjen palkkien tapauksessa koko rakennuksen massoitteua. Pohjan muoto on usein suorakaide, mutta varsinkin säteittäin asetetut palkit tuottavat monimuotoisia pohjakaavioita. Poikkileikkausmuodossa korostuu kolmionmallinen harjanmuoto. Erilaiset vetotankoratkaisut tuovat lukuisia variaatioita sisätilan arkkitehtuuriin.



**Kuva 3.3. Puiset yhdistetyt palkit. A)** Kolminivelsauvarakenteet, jotka on tehty massiivisista sauvoista ja alapuolisesti jännitetyistä sauvoista. Vetotangolla jännitettyjen sauvojen jännevälit vaihtelevat 15–50 metriin (Natterer 1994, 196). **B)** Yhdistettyjen palkkien säteittäiseen asetteluun perustuva malli. Nattererin esittämien toteutettujen esimerkkikohteiden rakenteiden jännevälit vaihtelevat 13–22 metriin. (Mt., 202, 204.)





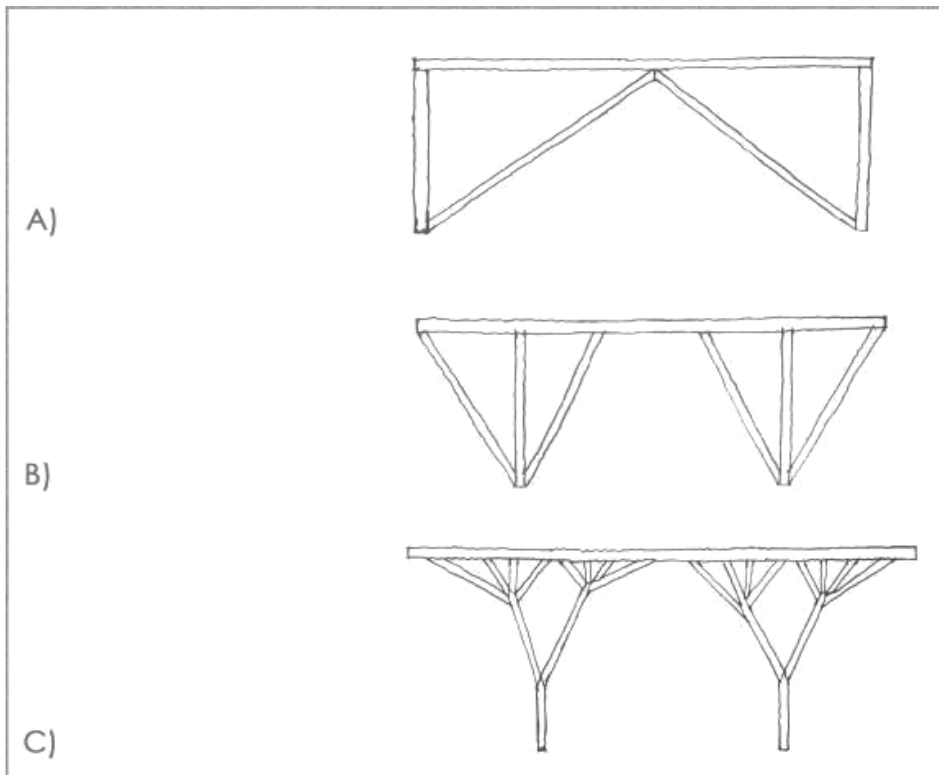
**Kuva 3.4.** Leirikeskuksen yhdistetty palkkirakenne. (Kuva: Architectural Review dec. 2002.)

## Sauvarakenteet

Sauvarakenteiden ryhmään kuuluvat haarautuvat sauvarakenteet, liitetyt tukisauvarakenteet, riippusauvarakenteet sekä yläside-sauvakimput.

Vanhoissa silta- ym. rakenteissa käytettiin satulapuita tai vitaposkia lyhentämään jännemitoja (Kähkönen 1992, 78). Nämä rakenteet kuuluvat tässä esitettyihin, liitettyihin tukisauvarakenteisiin. Natterer (1994, 148–158) esittää toteutettuja kohteita sauvojen ja liitettyjen sauvojen rakenteista, joissa saavutetaan 5–14 metrin jännevälejä.

Erilaisilla sauvarakenteilla muodostuu luontaisesti suorakulmaisen särmiön muotoinen rakennusmassa. Erityispiirteenä on yläpohjan ulokkeellisuus. Sauvarakenteilla muodostetun rakennuksen pohjan muoto on yleensä suorakaide. Pilarit sijoittuvat pohjakaavion sisälle, eräissä järjestelmissä jopa pohjan alan keskelle. Poikkileikkauksen ominaispiirre ovat sauvarakenteiden muodostamat, haarautuvat muodot. Arkkitehtonisesti ne tarjoavat useita eri vaihtoehtoisia mahdollisuuksia sisätilan käsittelyyn.



**Kuva 3.5. Puiset sauvarakenteet. A)** Haarautuvia sauvarakenteita (Natterer 1994, 148). Jäykistettynä rakenteena ne muodostavat vinotuellisen kehän (STEP 2, 1998, 142). **B)** Haa-



rautuvia sauvajärjestelmiä, jotka liitetään yläsiteellä (Natterer 1994, 152). Jäykistettynä rakennetta voidaan kutsua vinojalkaiseksi kehäksi (STEP 2, 1998, 142). **C)** Haarautuvia ja liitettyjä sauvarakenteita, joita on edelleen jaettu pienempiin osiin (Natterer 1994, 154). Jäykistettynä rakenne muodostaa ylänurkistaan jäykän kehän (STEP 2, 1998, 143).



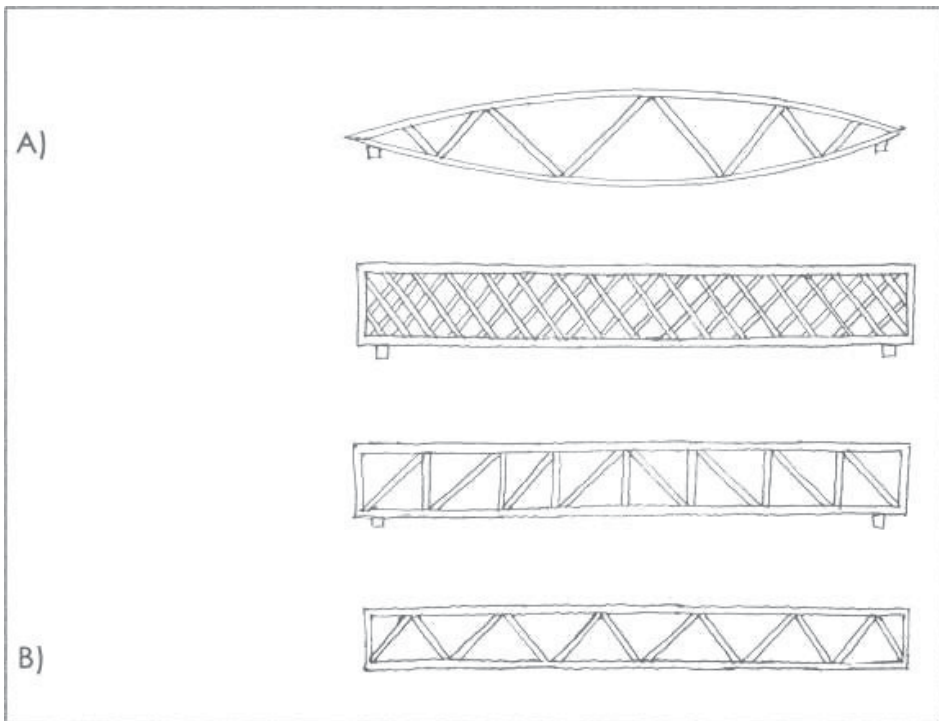
**Kuva 3.6.** Lyonin arkkitehtikoulun sauvarakenne (Kuva: Holzbau Atlas 1994.)

### **Ristikkorakenteet**

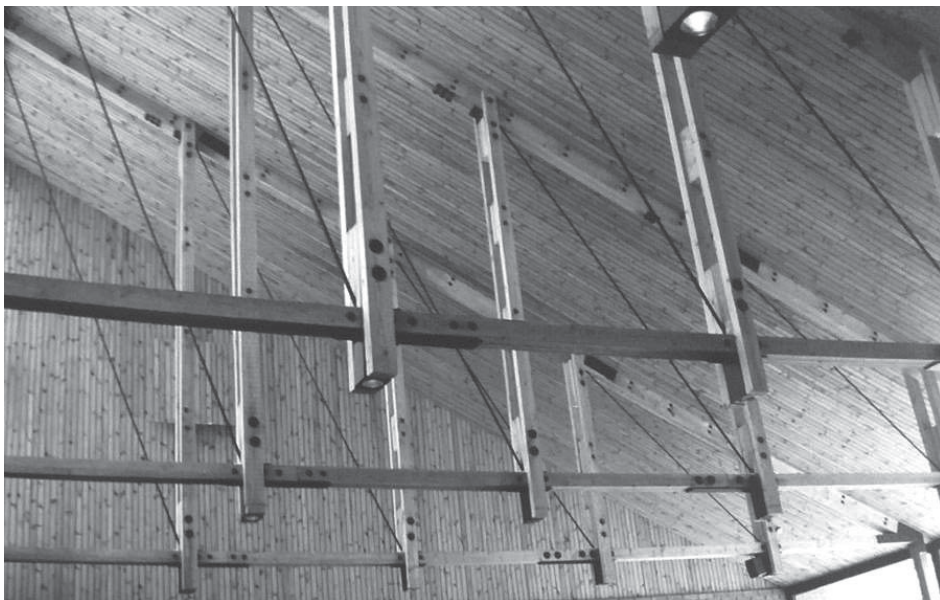
Ristikkorakenteita ovat ristikkorakenteiset pilarit, kolmikulmaiset ristikot, useampikulmaiset ja kaarevat ristikot, suorat ja kaltevuudeltaan muuttuvat ristikot, jatkuvat ristikot, kolmi-nivelristikot ja vetotangolla jäykistetyt ristikot.

Ristikot voidaan valmistaa sahatavarasta, viilupuusta tai liimapuusta (Kähkönen 1992, 86). Sahatavarasta valmistetun ristikon, lähinnä naulalevyristikon, yleinen jänneväli on 24 metriä. Naulalevyristikko voidaan myös niputtaa, jolloin päästään pidempiin jänneväleihin. (STEP 2 1998, 174.) Viilupuuristikoita käytetään 18–50 metrin välillä. Viilupuusauva on valmistusprosessissa suora ja tasakorkea, joten viilupuusta koottu ristikko koostuu murtoviivoista. Viilupuuristikot liitetään tappivaarnaliitoksen avulla. Liitos voi olla ristikon leveyden mukaan kaksileikkinen, nelileikkinen tai kuusileikkinen. (Kerto-tuotekansio 1998.) Liimapuuristikoilla päästään pitkiin jänneväleihin, aina 60 metriin asti. Sauvavoimat siirretään tappivaarnoin ja teräslevyin. Liimapuun taivutettavuuden ansiosta ristikon perusmuoto voi olla kaareva. (Liimapuurakenteet 2000.) Ristikon rakennekorkeuden määrittämisessä voidaan käyttää arviota, jossa korkeuden ja jännevälän suhde on  $1/6$ – $1/10$  (STEP 1 1998, B12/5).

Ristikkorakenteet muodostavat yleensä suorakulmaisen särmiön muotoisen rakennusmassan. Ristikön muodosta riippuen yläpohja voi muodostua tasakaton, pulpettikaton, harjakaton tai kaarevan katon muotoiseksi. Ristikkorakenteiden tuottama pohjan muoto on tavallisesti suorakaide, jossa pilarit sijoittuvat pidemmän sivun ulkoseinälinjalle. Poikkileikkauksen muoto on yleensä suorakaide. Eräät versiot muodostavat rakenteen alapaarteille erilaisia kolmionmallisia ja kaarevia muotoja.



**Kuva 3.7. Puset ristikkorakenteet. A)** Kaltevuodeltaan muuttuvat satula-, murtoviiva- ja kaariristikot. Näillä rakenteilla jänneväliksi voidaan saavuttaa sahatavararakenteisena 4–25 metriä ja liimapuu- tai viilupuurakenteisena 20–80 metriä. (Natterer 1994,164.) **B)** Tasakorkeilla liimapuuristikoidella voidaan saavuttaa 20–50 metrin jännevälejä. (Mt., 166-168.)



**Kuva 3.8.** Otaniemen kappeli valmistui vuonna 1957. Suunnittelijat Heikki ja Kaija Siren hyödynsivät puurakenteen mahdollisuuksia innovatiivisella tavalla. (Kuva: Eskolin 2003.)

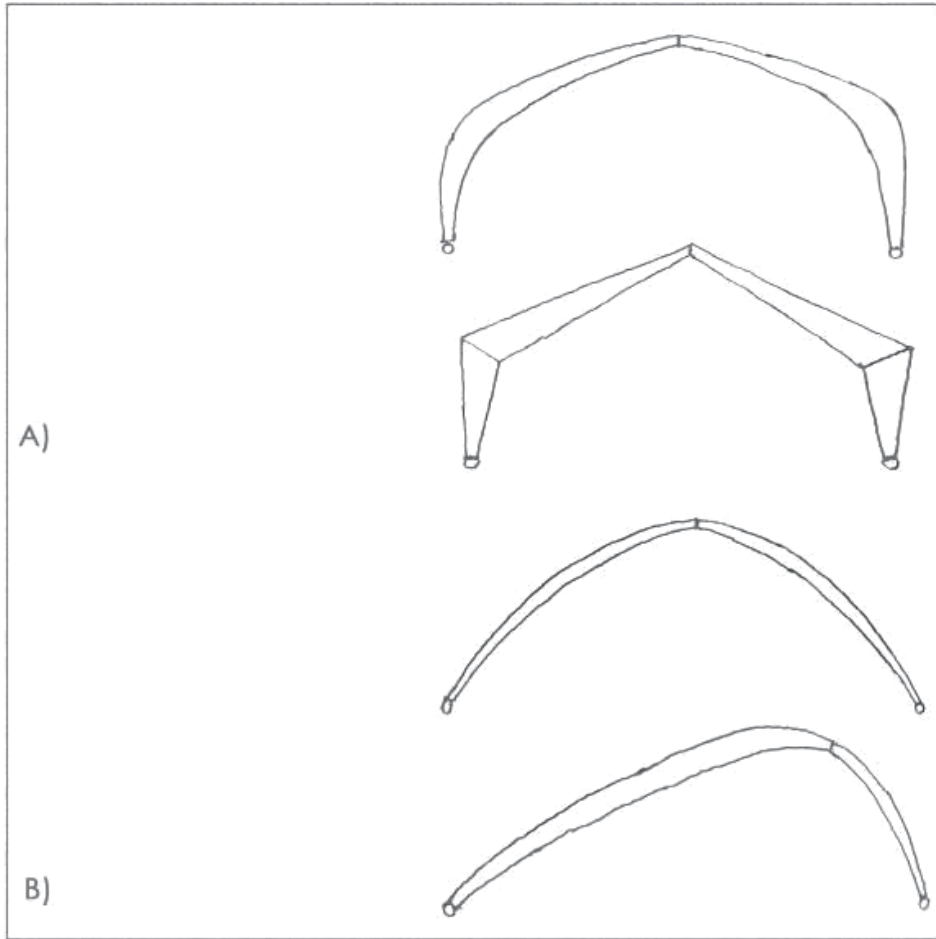
### **Kehät ja kaaret**

Kehien ja kaarien ryhmän muodostavat massiivipuiset ja ristikkorakenteiset yksi- ja kaksinivelkehät, massiivipuiset ja ristikkorakenteiset kolminivelkehät, säteittäiset kehärakenteet, massiivipuiset ja ristikkorakenteiset yksi- ja kaksinivelkaaret sekä massiivipuiset ja ristikkorakenteiset kolminivelkaaret.

Kehien jännevälit vaihtelevat muutamasta metristä aina 50 metriin asti ja kaaret yli 100 metriin saakka. Rakenteet ovat tavallisesti massiivisia, mutta erityisesti suuriin jänneväleihin voidaan yhdistää ristikkorakenteita. Rakenteet voidaan valmistaa liimapuusta, viilupuusta ja sahatavarasta. (STEP 2 1998, 191.) Kaaret soveltuvat kehiä paremmin suurille jänneväleille, koska niiden geometria on mukautettu paremmin kuormituksen perusviivaan. Kaarien korkeudeksi valitaan tavallisesti 0,13–0,20 kertaa jänneväli. Kehät ja kaaret mitoitetetaan tavallisesti kaksi- tai kolminivelisinä rakenteina. Vetotangollisia kannattajia käytetään yleensä, jos perustamisolosuhteet ovat erityisen huonot. (Mt., 193–194.) Vetotangollinen kaari nostetaan pilareiden päälle, jolloin tilan esteetön vapaa korkeus on sama kuin pilarien korkeus.

Kehärakenteiden muodostama ulkoinen muoto on yleensä suorakulmainen särmiö, jossa yläpohja korostuu harjakaton muotoiseksi. Kaarirakenteille on tyypillistä halkaistun sylinterin muoto. Erilaisilla sovelluksilla kehärakenteiden ja kaarirakenteiden perusmuotoa voidaan muuttaa. Kehät ja kaaret muodostavat tavallisesti suorakaiteen muotoisen pohjan alan. Säteittäisellä sijoituksella tai rakenteen kokoa vaihtamalla muutkin muodot ovat mahdollisia. Tyypillistä kehärakenteiden ja kaarirakenteiden poikkileikkaukselle on jännevälin keskelle

muodostuva korkea tila, kun taas rakenteen reunoilla vapaa korkeus voi jäädä hyvin pieneksi. Poikkileikkauksen muotoon vaikuttavat kehien nurkan muotoilu sekä kaarien kiinnitystapa perustasoon.



**Kuva 3.9. Puiset kehärakenteet ja kaarirakenteet. A)** Yksi- ja kaksinivelkehiä, joita voidaan käyttää massiivipuisina taivutettuina, massiivisista osista koottuina rakenteina ja sauvoista koottuina ristikkorakenteina. Rakenteella voidaan muodostaa 10–35 metrin jännevälejä (Natterer 1994, 206). **B)** Sovelluksia taivutetuista ja kootuista kolminivelkehärakenteista ja yhdistettyjen kehien mahdollisuuksia. Kuvan liimapuiset kehämallit mahdollistavat 10–50 metrin jännevälin (Natterer 1994, 214). Liimapuisilla kaksinivelkaarilla voidaan saavuttaa 30–100 metrin jännevälejä. (Mt., 222.) Ristikkorakenteisilla kolminivelkaarilla voidaan saavuttaa 50–100 metrin jännevälejä. (Mt., 224.)



**Kuva 3.10.** Salin kaarirakenne, Alec, Ranska. (Kuva: Architectural Review jan. 2005.)

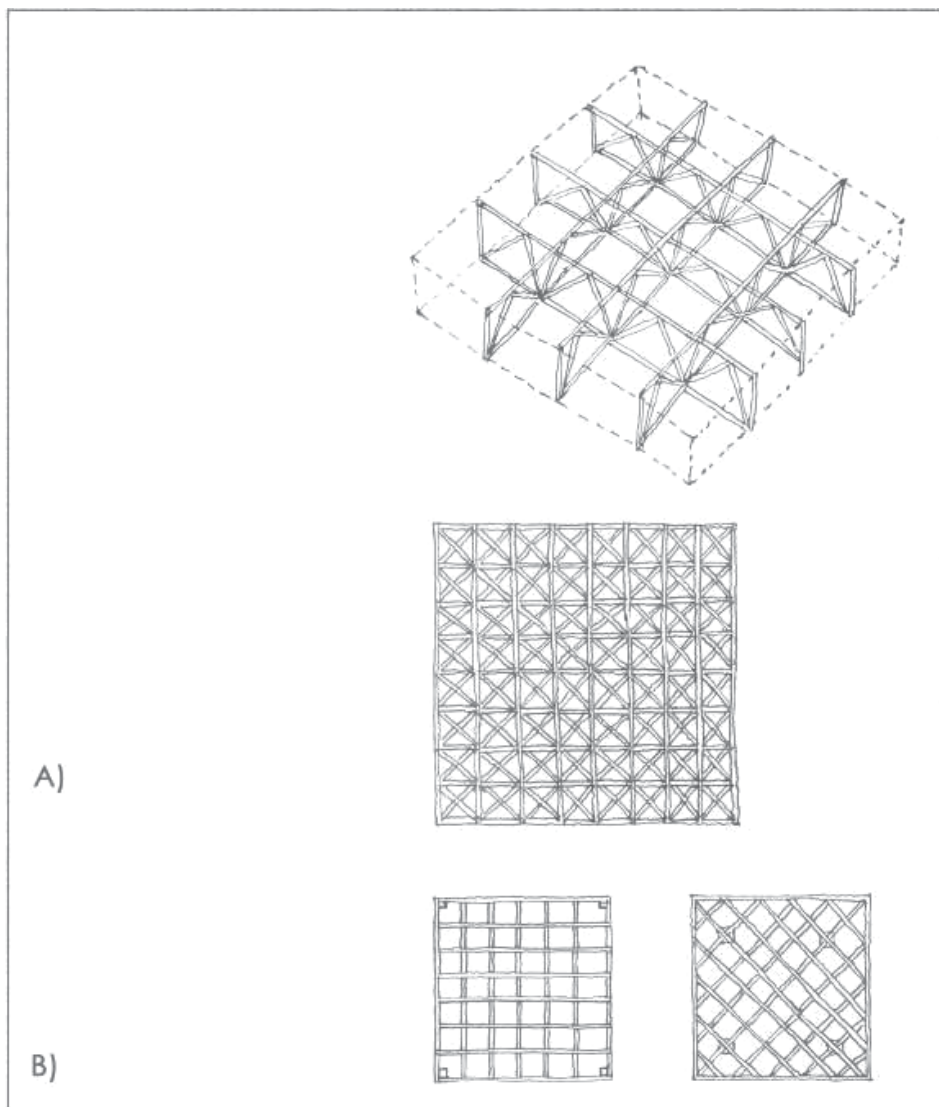
### Avaruusristikot

Avaruusristikoita ovat kaksikerroksiset sauvaverkot ja avaruussauvojen muodostamat palkit.

Ristikoista muodostettua rakennetta kutsutaan kaksikerroksiseksi sauvaverkoksi, avaruuskehäksi tai avaruusristikoksi. Kolmiulotteisessa rakenteessa kuormat jakautuvat kaikille rakenteen osille. Kuormien tasaisen jakautumisen lisäksi avaruusristikoiden etuna on tukien vaihtoehtoinen sijoitus. Määrämittaisina ne on helppo kuljettaa työmaalle. Ongelmina voidaan todeta rakenteen harvinainen käyttö ja vähäinen tieto liitosten asennuksesta. Avaruuskehät sopivat parhaiten keskipitkien ja pitkien jänneväliden rakenteeksi. (STEP 2 1998, 318-319.)

Avaruusristikot aikaansaavat tavallisesti suorakulmaisen särmiön muotoisen rakennusmassan. Poikkeuksena tästä ovat avaruusristikoiden muodostamat palkit, joiden yksittäinen muoto on kolmiomainen harjakatto. Rakenteen kyvystä siirtää voimia kahteen suuntaan seuraa se, että pohjanmuoto on tavallisesti neliö. Myös suorakaide on mahdollinen. Pilarit sijaitsevat tavallisesti ristikon reunoilla, mutta ne voidaan asettaa myös keskeemmälle rakennetalle. Poikkileikkausmuoto on suorakaide. Avaruusristikon yksityiskohdista riippuen yläpuolisen rakenteen muotoa voi vaihdella, ja se voi siten muodostua voimakkaaksi arkkitehtoniseksi tekijäksi.





**Kuva 3.11. Puiset avaruusristikot. A)** Tasakorkeat ristikkorakenteet yhtyvät kohtisuorasti samassa tasossa toisiinsa ja muodostavat laajan avaruus-ristikkorakenteen. Sauvojen pituudet vaihtelevat. Rakenteella voidaan muodostaa 8–60 metrin jännevälejä. (Mt., 244.) Kaksikerroksisia sauvaverkkoja, joista tyypillisiä ovat neliö neliön päällä, neliö sivussa toisen neliön päällä, neliö vinottain neliön päällä ja kolmio kuusikulmion päällä. Kun rakenneosat pyritään saamaan samanpituusiksi, ainoat muodot ovat tasasivuinen kolmio, neliö ja kuusikulmio. Kaksikerroksisen verkon alemman kerroksen rakenneosat ovat yleensä vedettyjä rakenteita, joten ne eivät ole alttiina nurjahdukselle, ja ne voivat siten olla pidempiä kuin yläosassa puristusjännityksessä olevat rakenneosat. (STEP 2, 1998, 318–319.) Avaruusristikon

periaatteella voidaan muodostaa myös palkkeja. Nattererin esittämän toteutetun kohteen perusteella rakenteella voidaan saavuttaa 80 metrin jänneväli (Natterer 1994, 170, 171, 245).  
**B)** Avaruusristikon mahdollisuuksia pilarien sijoittamiselle (Natterer 1994, 242, 246, 247).



**Kuva 3.12.** Puinen avaruusrakenne. Christ Köning Kirche. Wuppertal, Saksa. (Kuva: Deutsche Bauzeitung 11.2014 s. 60)

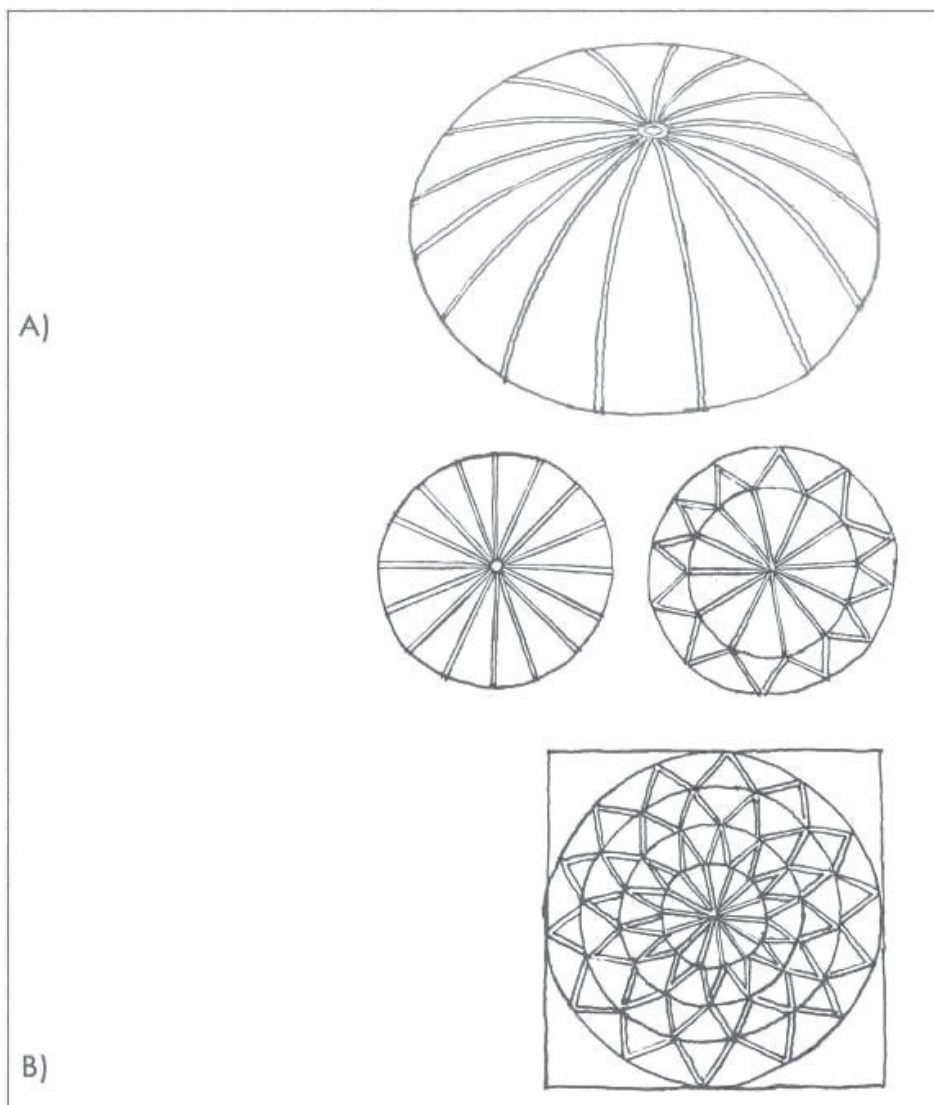
## Kupolit

Kupolit voidaan jaotella säteittäiskaarikupoliin ja sauvaverkkojen muodostamaan kupoliin.

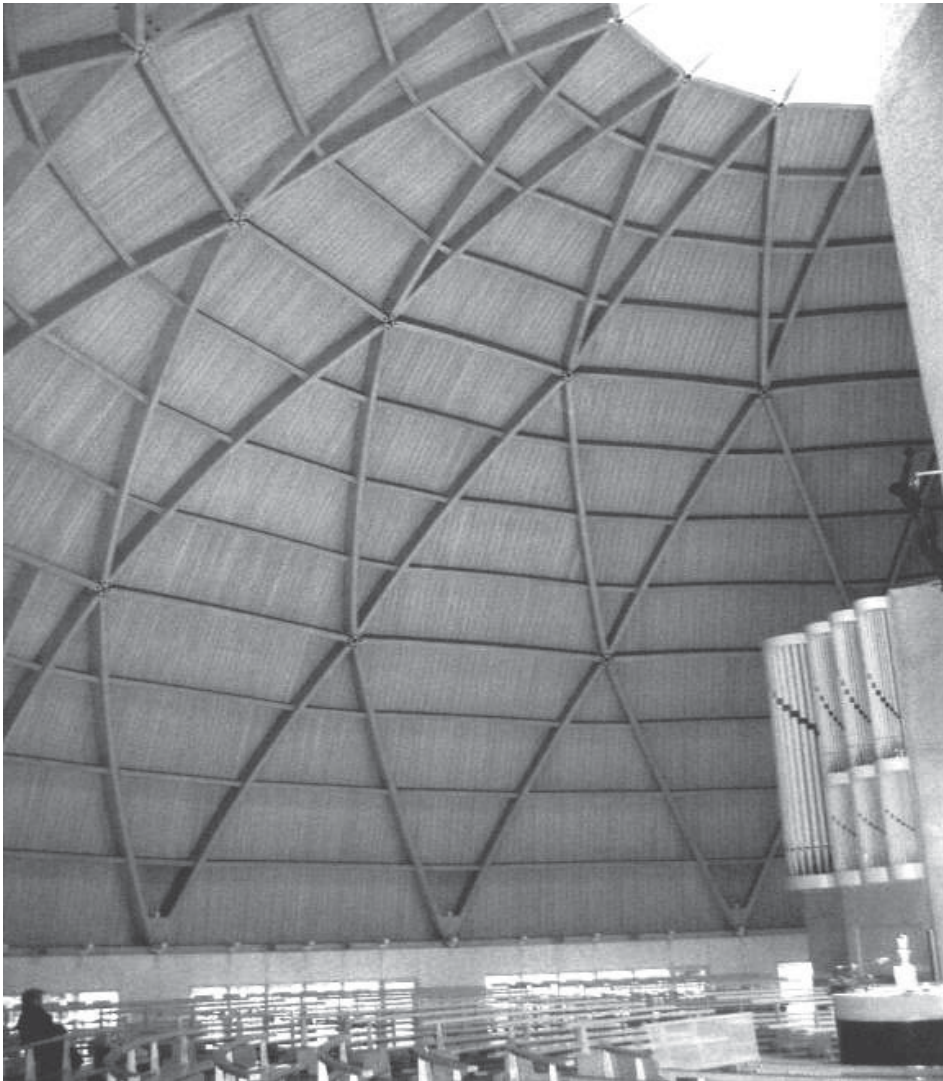
Kupolin pinnan geometrinen muoto määräytyy tavallisesti pyörähdyspintana tasokaaren pyörähtäessä pystysuuntaisen keskiakselinsa ympäri. Puisen kupolin kolmiulotteinen kaareva pinta on yleensä tuettu riparakenteeseen, joka on tehty kaarevista tai suorista rakenneosista. Kupolirakenteiden maksimijännevälit ovat noin 160 metriä. (STEP 2 1998, 315-323.) Kupolirakenteita voidaan toteuttaa liimapuulla, viilupuulla, sahatavaralla ja vanerilla.

Kupoli muodostaa perusmuodoltaan puolipallonmuotoisen rakennuskappaleen. Erilaiset sovellukset voivat esimerkiksi kallistaa tai lohkaista perusmuotoa. Rakenteen pohjanalan muoto on ympyrä. Kupolin reunat voidaan lohkaista sivukaarien varaan, jolloin pohjanalasta tulee esimerkiksi neliön muotoinen. Poikkileikkauksen muoto on puoliympyrä tai paraabeli sen mukaan, mikä on kupolin korkeus suhteessa halkaisijaan. Kupolin vapaa korkeus keskellä on suurimmillaan, mutta yleensä rakenteen reunoillakin korkeus kasvaa nopeasti useimpiin käyttötarkoituksiin riittäväksi. Rakenne voidaan nostaa myös irti perustasosta erilaisten apurakenteiden avulla.





**Kuva 3.13. Puiset kupolirakenteet. A)** Kaarirakenteen sovelluksia kupolimuotoon. Kolmiulotteinen kupoli jakaa kuormat tehokkaammin kuin yksittäinen kaari (Natterer 1994, 230). **B)** Säteittäiskaarikupolien mahdollisuuksia, kun kaarien väliosat on jäykistetty sauvarakentein (mt., 254). Kuten kaikissa puristusjännitysten rasittamissa rakennusosissa, kaari on altis tasosta poispäin tapahtuvalle nurjahdukselle ja tarvitsee tavallisesti poikittaissuuntaisia jäykisteitä sopivin välimatkoin (STEP 2, 1998, 315–323).



**Kuva 3.14.** Kirkon kuorirakenne, Varese, Italia. (Kuva: Eskolin 2004.)

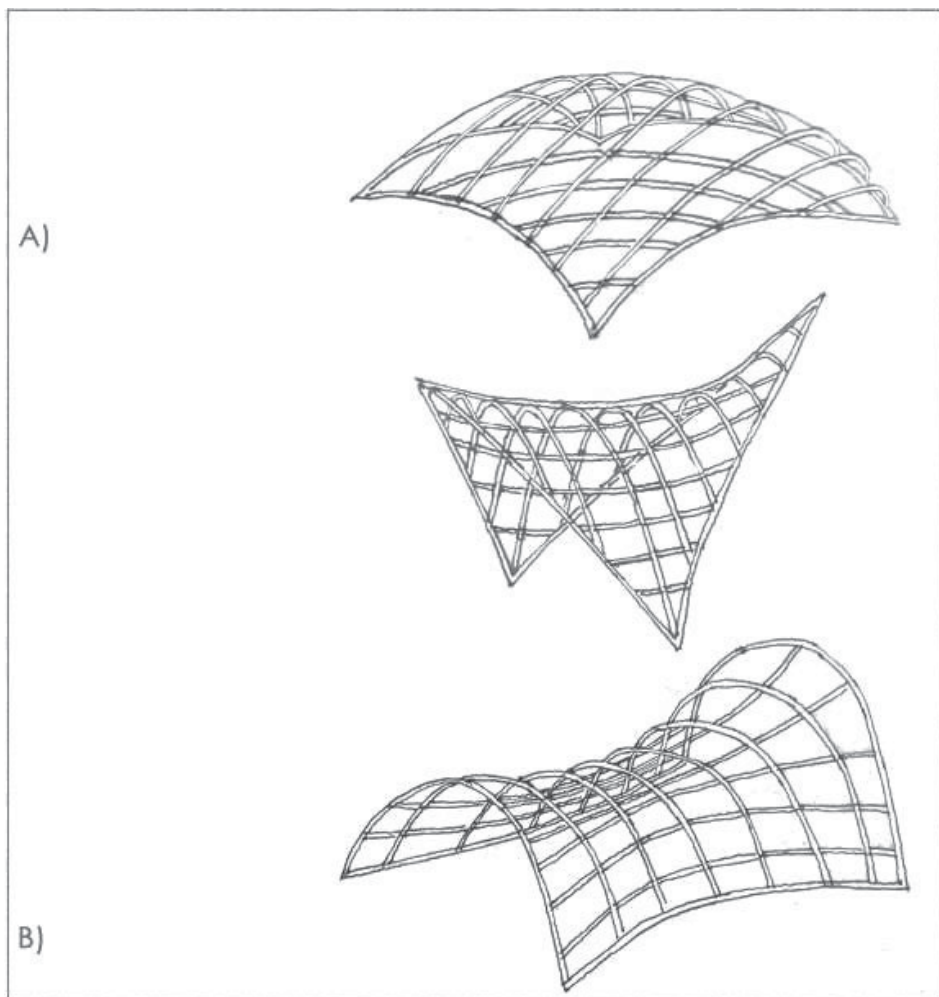
### **Kuorirakenteet**

Kuorirakenteiden ryhmään kuuluvat suorat taiterakenteet, yhteen suuntaan kaarevat kuorirakenteet, kahteen suuntaan kaarevat kuorirakenteet ja monikuoriset kattorakenteet.

Suoriksi taitepinnoiksi nimitetään rakenteita, jotka muodostavat koko rakenteen kattavan, kantavan pinnan. Kuoriksi katsotaan ohuet ja jäykät kaarevat rakenteet, jotka yksin muodostavat koko rakennusmassan kattavan kantavan rakenteen. Kuoren paksuus on pieni muihin

rakenteen mittoihin verrattuna. Muodon geometria on tarkkaan määrätty, koska kuoren kaarevuus vaikuttaa sen lujuuteen ja jäykkyyteen. Kuoret voivat kaareutua joko yhteen tai kahteen suuntaan. Kuorirakenteessa vaikuttavat normaalivoimat. Leikkausvoimat kootaan jäykistävien reunapalkkien avulla ja siirretään siten rakenteen nurkissa sijaitseville perustuksille. Kuorirakenteita voidaan tehdä liima- ja viilupuusta, sahatavarasta ja vanerista. (STEP 2 1998, 325.)

Kuorirakenteilla muodostetut rakennushahmot vaihtelevat suuresti eri sovellusten mukaan. Taiterakenteille tyypillistä on pinnan poimuilu särmikkäästi. Muiden kuorirakenteiden ominaispiirre ovat kaarevat, vaihtelevat muodot. Myös symmetrisyys tai epäsymmetrisyys ovat luontaisia ominaisuuksia eri rakennetyyppien muodoissa. Pohjan alan muoto vaihtelee kuorirakennetyypin mukaan. Suorakaide on tyypillisempi taiterakenteille ja yksikuorisille rakenteille. Monikuorisilla rakenteille ominaista ovat kolmio, neliö, monikulmiot ja erilaiset vaapaat muodot. Taiterakenteiden ja yhteen suuntaan kaarevien kuorirakenteiden poikkileikkauskuvio pysyy yleensä vakiona. Kahteen suuntaan kaarevat ja monikuoriset rakenteet saavat useita poikkileikkausmuotoja. Tavallisesti poikkileikkausmuoto noudattaa massan muotoa, joko kaarevana tai taitteisena.



**Kuva 3.15. Puiset kuorirakenteet. A)** Kupolimaisia kuorirakenteita eli elliptisiä parabolioideja, jotka koostuvat ristikkäisistä lautasauvoista. Toteutetun kohteen mukaan rakenteella saavutetaan 36 metrin jänneväli (Natterer 1994, 258; STEP 2 1998, 340). Taloudelliseksi jänneväliksi arvioidaan 7,2–30 metriä. (STEP 2 1998, 341). **B)** Kuorirakenteisia hyperpintoja eli hyperbolisia parabolioideja (STEP 2 1998, 340). Rakenteilla on mahdollista saavuttaa 14–60 metrin jännevälejä. (Natterer 1994, 261.) Taloudelliseksi jänneväliksi arvioidaan 7,2–24 metriä (STEP 2 1998, 341).



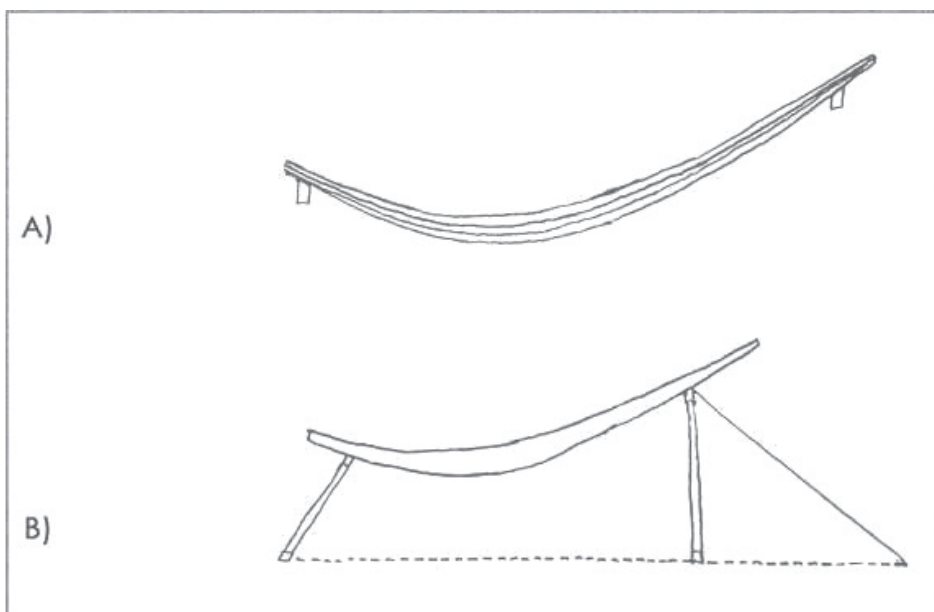
**Kuva 3.16.** Solebad -uimahallin kuorirakenne, Bad Durrheim, Saksa. (Kuva: DB 3/2016 62.)

### **Riippurakenteet ja ketjutetut rakenteet**

Riippurakenteita ja ketjutettuja rakenteita ovat massiiviset taivutetut riippurakenteet, risti-koista muodostetut riippurakenteet ja ketjumaiset rakenteet.

Riippurakenteet ja ketjutetut rakenteet on nimensä mukaisesti liitetty yläpäästään vetoliitoksella. Puun hyvän vetolujuuden ansiosta rakenteella saadaan aikaan pitkiä jännevälejä 100 metriin asti (Natterer 1994, 236).

Riippurakenteiden massan muodossa korostuvat yläpohjan koveran kaarevat muodot. Perusmuotona on yleensä suorakaiteesta muodostettu suorakulmainen särmiö. Ketjurakenteissa korostuvat vetorakenteiden muodostamat vinosidonnat. Pohjakaaviona on yleensä suorakaide, tosin muutkin muodot ovat mahdollisia. Poikkileikkausmuoto voi olla symmetrinen tai epäsymmetrinen. Poikkileikkausmuoto voi myös vaihdella samassa rakennusmassassa.



**Kuva 3.17. Riippurakenteet ja ketjutetut rakenteet. A)** Riippurakennemalleja taivutetulle massiivipuulle (Natterer 1994, 234). **B)** Ketjumaisia rakenteita (mt., 236). **C)** Ketjumaisia rakenteita sovellettuna vinoköysisiltarakenteisiin. Toteutettujen kohteiden mukaan rakenteilla on mahdollista muodostaa 60–70 metrin jännevälejä (mt., 186–189).





**Kuva 3.18.** Carisport areena, Cesena, Italia. (Kuva: Building in Wood, G. Gutdeutch 1996 s. 30.)

### 3.2. Liitokset ja jäykistävät rakenteet

#### Puurakenteiden liitokset

Suurten puurakenteiden liitoksilla tarkoitetaan kantavan rakenteen eri osasten liittämistä toisiinsa ja perustasoon. Eri rakennejärjestelmät hyödyntävät erilaisia liitostapoja, mutta hyvin monet liitokset perustuvat liitosten perustustyypeihin. Liitokset vaikuttavat aina rakenteen muotoon ja yksityiskohtien kautta rakennuksen arkkitehtoniseen kokonaisuuteen.

Puurakenteiden liitokset ryhmitellään alan kirjallisuudessa pääryhmiin melko samanlaisin periaattein (esim. STEP 1 ja 2 1989). Riittävän kattava on edelleen Nattererin (1994) luokitus, jossa erilaisin esimerkein tuodaan esiin myös pääryhmien sisällä esiintyviä tapauksia. Tämä esitys tarjoaa siten riittävän aineiston selvittää liitosten vaikutusta puurakenteiden muotoon. Liitoksia on kehitetty edelleen vuoden 1994 jälkeen, mutta rakenteen kokonaisuuteen vaikuttavia muutoksia ei ole merkittävästi tapahtunut. Siten Nattererin luokitus on edelleen tässä tutkimuksessa käyttökelpoinen. Puurakenteiden liitokset luokitellaan tässä työssä seuraavasti: 1) puutyöliitokset, 2) naula- ja ruuviliitokset, 3) naulalevyliitokset, 4) reikä- ja kulmalevyt, 5) muut metalliset liitoselimet, 6) tappi- ja pulttiliitokset, 7) tappivaarnaliitos, 8) rengasvaarnaliitokset ja 9) liimaliitokset (mt., 106–119).

Puutyöliitosten avulla syntyvä muoto muistuttaa elävän puun oksiston haarautuvaa muotoa. Liitos tehdään ilman muita avustavia materiaaleja ja siinä jatkokset tuottavat lähes huomaa-

mattoman liittymisen. Liitoksen ominaispiirre on puumateriaalin muovailtavuuden korostuminen.

Naula- ja ruuviliitosten muodon ominaispiirre on liittyvien rakenteiden erottuminen itsenäisinä kappaleina. Tästä poikkeuksen muodostaa lovettu naulaliitos. Rakenteen kantavuuden kasvaessa lisääntyy leikkeiden eli rakenteellisten kerrosten määrä. Naulat ja ruuvit itsessään ovat huomaamattomia, pistemäisiä valmiissa kokoonpanossa.

Naulalevyliitoksista teräslevy jää osittain näkyviin valmiissa kokoonpanossa. Poikkeuksen tästä muodostavat VB-levyt, jotka on muotoiltu siten, että ne jäävät puurakenteen sisään piiloon. Erityisen näkyvä, naulalevyä korostava liitos on silloin, kun levyä ei upoteta puurakenteeseen, vaan liitoslevy jää ulompaan pintaan.

Reikä- ja kulmalevyt ovat kiinnikkeitä, joiden avulla voidaan liittää kohtaavia puurakenteen osia sekä samassa että eri tasossa. Kohtaamistapa vaikuttaa useimmiten arkkitehtonisen ilmaisun lopputulokseen.

Muut metalliset liitoselimet ovat yleensä hyvin näkyviä arkkitehtonisia elementtejä. Niiden muotoiluun voidaan kiinnittää huomiota ja niiden toteutuksessa voidaan ottaa huomioon kulloisetkin arkkitehtoniset tavoitteet.

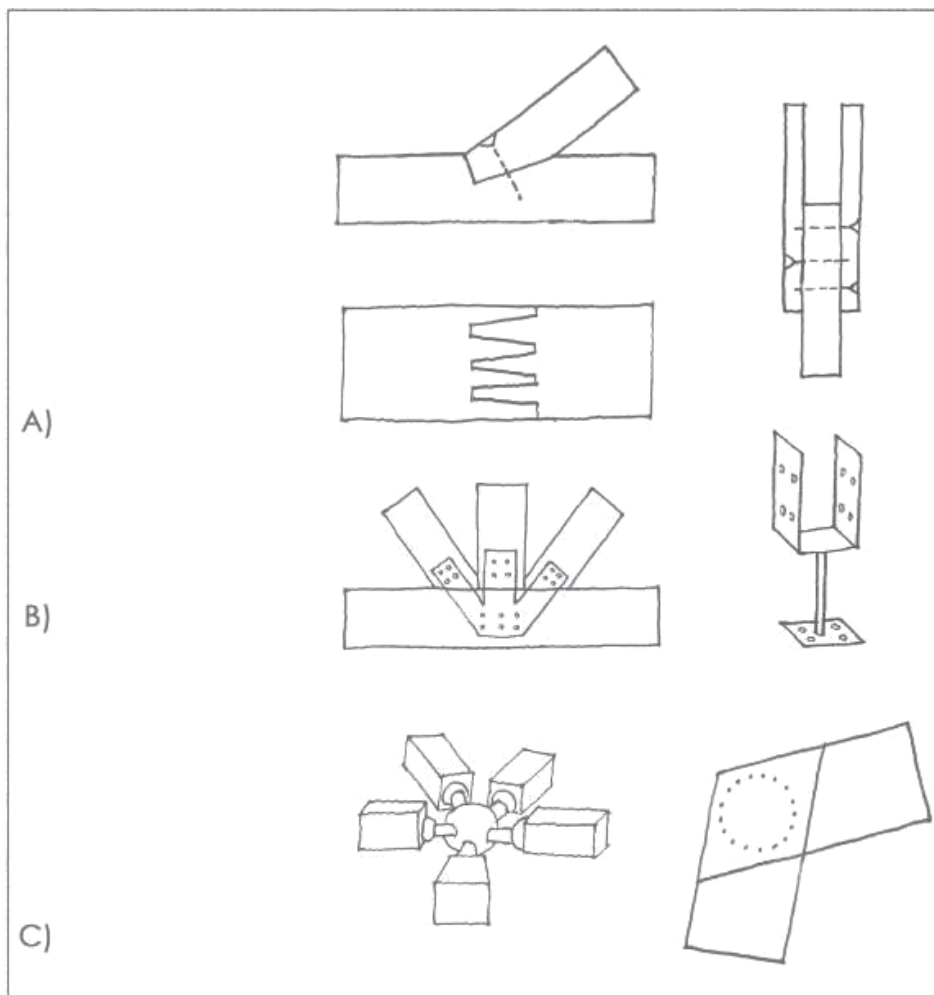
Tappi- ja pulttiliitokset upotetaan puurakenteen sisään. Liitostavan ominaispiirteeseen kuuluu, että liitettävien rakenteiden osien erottuminen itsenäiseksi valmiissa kokoonpanossa säilyy.

Tappivaarnaliitos on pitkien jännevälien rakenteiden liitos. Levyosat muotoillaan siten, etteivät ne puurakenteeseen upotettuina näy. Ainoana näkyvänä osana ovat tappien pistemäiset päät. Liitostavalla pystytään aikaansaamaan monihaaraisia liitoskohtia, jotka muodostuvat arkkitehtonisesti merkittäviksi yksityiskohdiksi. Liitostavan eri osien itsenäisyys häviää, ja kokonaisuudesta muodostuu yksiaineinen rakenne.

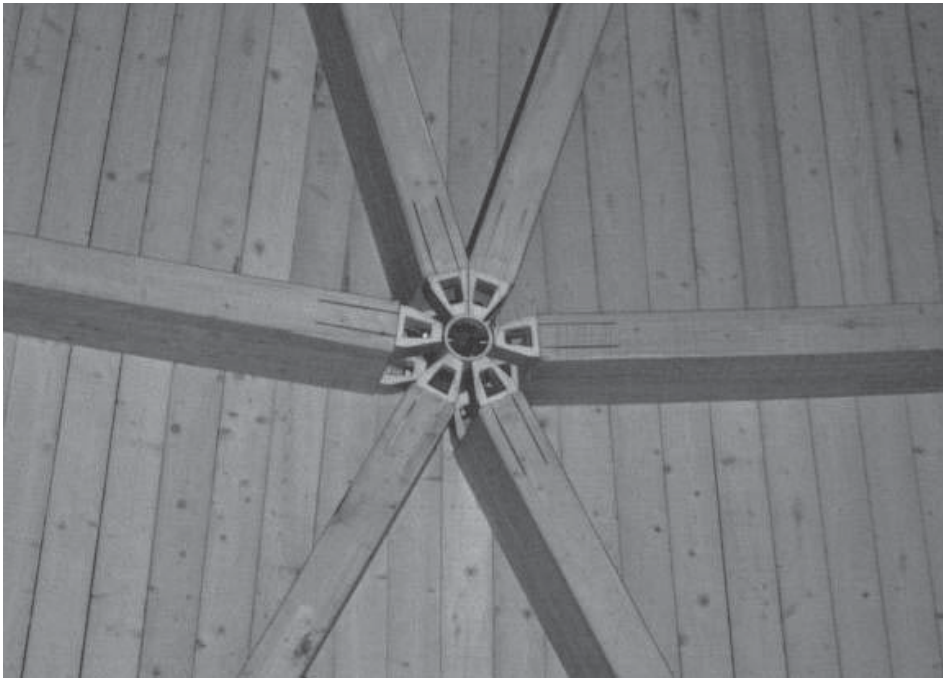
Rengasvaarnaliitokset ovat nykyisin harvoin käytetty liitostapa. Liitoksen metallirenkaasta muodostuva materiaalisuus on hyvin näkyvissä valmiissa kokoonpanossa. Liitos kertoo visuaalisesti hyvin tekotavasta. Liitostavan ominaispiirteisiin kuuluu, että rakenteen eri osat säilyttävät itsenäisyytensä.

Liimaliitosten ominaispiirre on puurakenteen osan liittäminen toiseen lähes huomaamattomasti. Liitostavan avulla voidaan rakenteen osien mittasuhteita kasvattaa merkittävästi, tai puurakennetta voidaan muotoilla esimerkiksi kaarevaksi tai johonkin muuhun vapaaseen muotoon. Tällöin rakenteen eri osat menettävät itsenäisyytensä ja yksiaineisuuden vaikutelma korostuu.





**Kuva 3.19. Puurakenteiden liitokset. A)** Puutyöliitokset: tukiloveus, limittyvät loveukset ja tapitus (Natterer 1994, 106–107). Naula- ja ruuviliitokset: yksi-, kaksi- ja nelileikkeinen (mt., 106-109). Liimaliitokset: sormiliitos, nippuun liimaus ja naulaliimaliitos (mt., 118). **B)** Naulalevyliitokset: Greim-levyt, VB-levyt, valmis yksileikkeinen naulalevyt, valmiit niputettuihin rakenteisiin tarkoitettut naulalevyt ja nivelpultilla varustetut naulalevyt (mt., 110–111). Reikä- ja kulmalevyt: kulma-, palkki-, eritaso- ja jatkoskiinnike (mt., 112). Muut metalliset liitoselimet: teollisuusvalmiit pilarinjalat, jalustan laakerinivelet, liimatut tankoliitokset, harjanivelet ja vetotangon kiinnike (mt., 113). **C)** Metalliset avaruusliitokset ja Tappivaarnaliitos (mt., 115).



**Kuva 3.20.** Kupolirakenteen sauvojen metalliliitos. (Kuva: Eskolin 2004.)

### **Jäykistävät rakenteet**

Puurakenteen muotoon vaikuttavat myös kantavan rakenteen eri osasten jäykistäminen toisiinsa ja rakenteen liittyminen perustasoon siten, että otetaan huomioon ulkoisten kuormien vaikutus, rakenteiden vinous, alkukäyryys sekä kiepahdus- ja nurjardustukien kautta siirtyvät vaakavoimat. Eri rakennejärjestelmät hyödyntävät erilaisia jäykistystapoja.

Puurakenteiden jäykistäviä rakenteita ryhmitellään alan kirjallisuudessa eri pääryhmien osalta melko samoin periaattein. Natterer (1994) luokittelee kattavasti erilaisia esimerkkejä käyttäen myös eri pääryhmien sisäisiä tapauksia ja antaa siten riittävän aineiston selvittää jäykistävien rakenteiden vaikutuksia rakennejärjestelmien muotoon. Puurakenteiden liitokset luokitellaan tässä seuraavasti: 1) pystyrakenteen jäykistys, 2) vaakarakenteen jäykistäminen taivutusta ja kiepahdusta vastaan sekundaari rakenteen avulla, 3) rakennuksen pituussuuntainen jäykistys, 4) rakennuksen poikittaissuuntainen jäykistys, 5) kattopinnalla tapahtuva jäykistys, 6) kannattajan muodolla ja geometrialla tapahtuva jäykistys, 7) alapuolisesti jännitettyjen rakenteiden jäykistys ja 8) pohjamuodon geometria jäykistäjänä. (Natterer 1994, 122–137).

Pystyrakenteen jäykistys muodostuu arkkitehtonisesti näkyväksi tekijäksi. Huomaamattomimpia ovat erilaiset teräsdiaagonaalit ja momenttijäykät liitokset perustasoon. Nekin vaikuttavat pilarin mitoitukseen ja visuaaliseen liittymiseen perustasossa.

Vaakarakenteen jäykistäminen sekundaarirakenteen avulla muodostaa näkyviä elementtejä sisäarkkitehtuurissa. Erityisesti visuaaliseen kokonaisuuteen vaikuttavat erilaiset vino- ja kolmiotueelliset jäykisteet. Teräsvetotangot ja jäykistävät pinnat sen sijaan ovat huomaamattomia, minkä ansiosta primaarirakenne saa näkyvimmän aseman sisätilassa. Erilaisten palkkirakenteiden sisätilan arkkitehtuuri voi perustua vaakarakenteen jäykistämisen korostamiseen.

Rakennuksen pituussuuntainen jäykistys voidaan ottaa arkkitehtonisesti merkittäväksi aiheeksi sisätilassa. Jäykistys voidaan toteuttaa myös hyvin huomaamattomasti esimerkiksi teräsvetotankojen avulla.

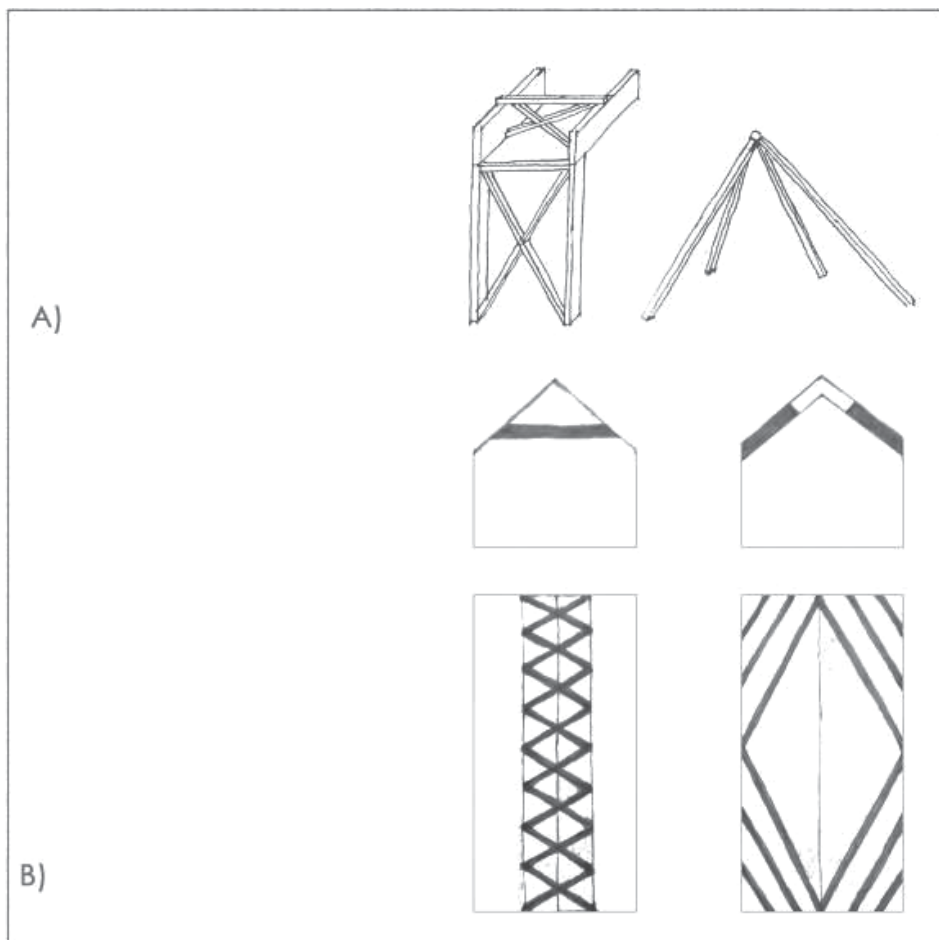
Rakennuksen poikittaissuuntainen jäykistys sijoitetaan joko rakennuksen pätyihin tai keskelle. Eräissä sovelluksissa se voi muodostua osaksi rakenteen arkkitehtonista ilmaisua, mutta useasti se pyritään ratkaisemaan huomaamattomasti esimerkiksi teräsdiagonaalien avulla.

Kattopinnalla tapahtuva jäykistys muodostaa hyvin kiinteäpintaisen visuaalisen elementin. Jäykistävää pintaa voidaan käyttää osassa rakennusta, jolloin muu osa voi olla esimerkiksi lasia. Arkkitehtonisesti tilannetta voidaan hyödyntää kontrastin aikaansaamiseksi. Primäärirakenne tulee esiin sisätilassa selkeästi, koska sen visuaaliseen havaittavuuteen ei jäykistävä rakenne merkittävästi osallistu.

Jäykistys kantavan rakenteen muodolla ja geometrialla tuo rakenteelle taitteisen, diagonaalimaisen tai kaarevan kuorimaisen muodon.

Alapuoლისesti jännitetyt rakenteet herättävät aina visuaalisesti huomiota. Erilaiset pystysauvan jäykistämisen vaihtoehdot antavat mahdollisuuksia vaikuttaa niiden kykyyn arkkitehtoniseen ilmaisuun antaa mahdollisuuksia. Tehokeinona voi olla huomaamaton teräsdiagonaali tai vastaavasti esiin tuleva puurakenne diagonaalijärjestelmä.

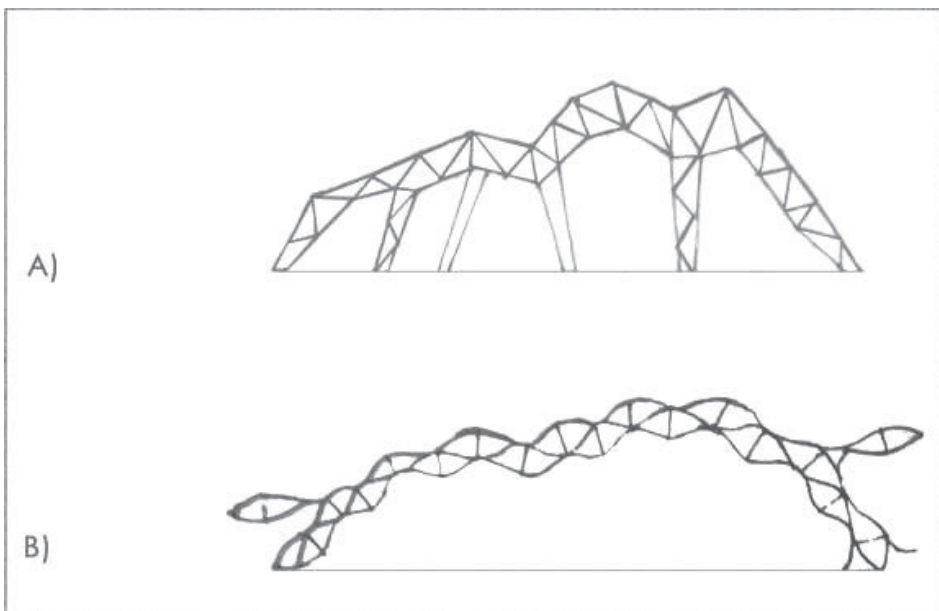
Pohjamuodon geometrian kyky jäykistää rakenteita perustuu joka puolelta vastakkain asetettujen rakenteiden muodostamaan tasapainotilaan. Jäykistystapa edellyttää puhtaita perusmuotoja, ja sisätilan arkkitehtuurissa kokonaismuoto nousee merkittäväksi tekijäksi.



**Kuva 3.21. Puurakenteiden jäykistävät rakenteet. A)** Pysty- ja vaakarakenteen jäykistysmahdollisuuksia. Näitä ovat momenttijäykkiä kiinnitys perustasoon, vinosauvoilla tuettu, vedetty jäykistys, diagonaalijäykistys, kehänurkkajäykistys, ristikkojäykistys ja jäykistävä seinä (Natterer 1994, 122–125). Vaakarakenteen jäykistäminen sekundaarirakenteen avulla jaotellaan edelleen: kolmiotuet, teräsvetotangot, erilaiset vinosauvajäykisteet, alapuolinen sekundaarijuoksu vinosauvoilla, kehäjäykistykset, ristikot ja jäykistävät pinnat (mt., 126–127). **B)** Rakennuksen pituussuuntaisia jäykistysmahdollisuuksia. Näitä ovat puristusta ja vetoa vastaanottavat tuulisidonnat, pituussuuntainen diagonaalisidonta ja pituussuuntainen tuenta (mt., 128).

### 3.3. Puurakenne ja uudet muototavoitteet

Tämän päivän eli 2000-luvun ensimmäisen kahden vuosikymmenen arkkitehtuurissa monilla julkisilla rakennuksilla on useita samanaikaisia käyttötarkoituksia. Yhä useammin tavoitellaan arkkitehtonista ratkaisua, jolla pyritään ainutkertaisuuteen ja tiettyyn paikkaan liittyvään muodonantoon. Tällöin rakennuksen massoittelu ja arkkitehtoninen ilmaisu eivät välttämättä perustu yhden muodon tai tyyppiratkaisun käyttöön. Sen sijaan on tyyppillistä, että käytetään erilaisia hybridisiä muotoja, joille ovat ominaista eri rakennejärjestelmien yhdistelmät. Tällä hetkelläkin vallalla oleva arkkitehtuurin jälkimodernistinen ajattelutapa on pyrkinyt löytämään kaupunkirakenteeseen, paikkaan, maisemaan, ympäröivään kasvillisuuteen tai maanmuotoihin liittyviä arkkitehtonisia ilmaisuja ja muotoja. Näitä, usein hybridisiä muotoja voidaan toteuttaa myös eri puurakennejärjestelmiä yhdistelemällä.



**Kuva 3.22. Uusia muotoja ja uudenlaisia rakenteiden sovelluksia. A)** Hyperpintoja, vaihtuvia poikkileikkauksia ja vapaasti muotoutuva tila. Rakenteita voidaan toteuttaa esimerkiksi kuori- ja ristikkorakenteen yhdistelmänä. (Architectural Design 1998, 5/6, 44–45). **B)** Vapaita muotoja voidaan toteuttaa esimerkiksi ohuen kuorirakenteen avulla. Kudosmaiset, kantavat pinnat voidaan saada aikaan kuorirakenteen sovelluksena. Maanmuodot, fraktaalit, kangasmaiset muodot voidaan toteuttaa avaruusristikon ja kuoren yhdistelmänä (Architectural Design 2004, 3, 62–63).

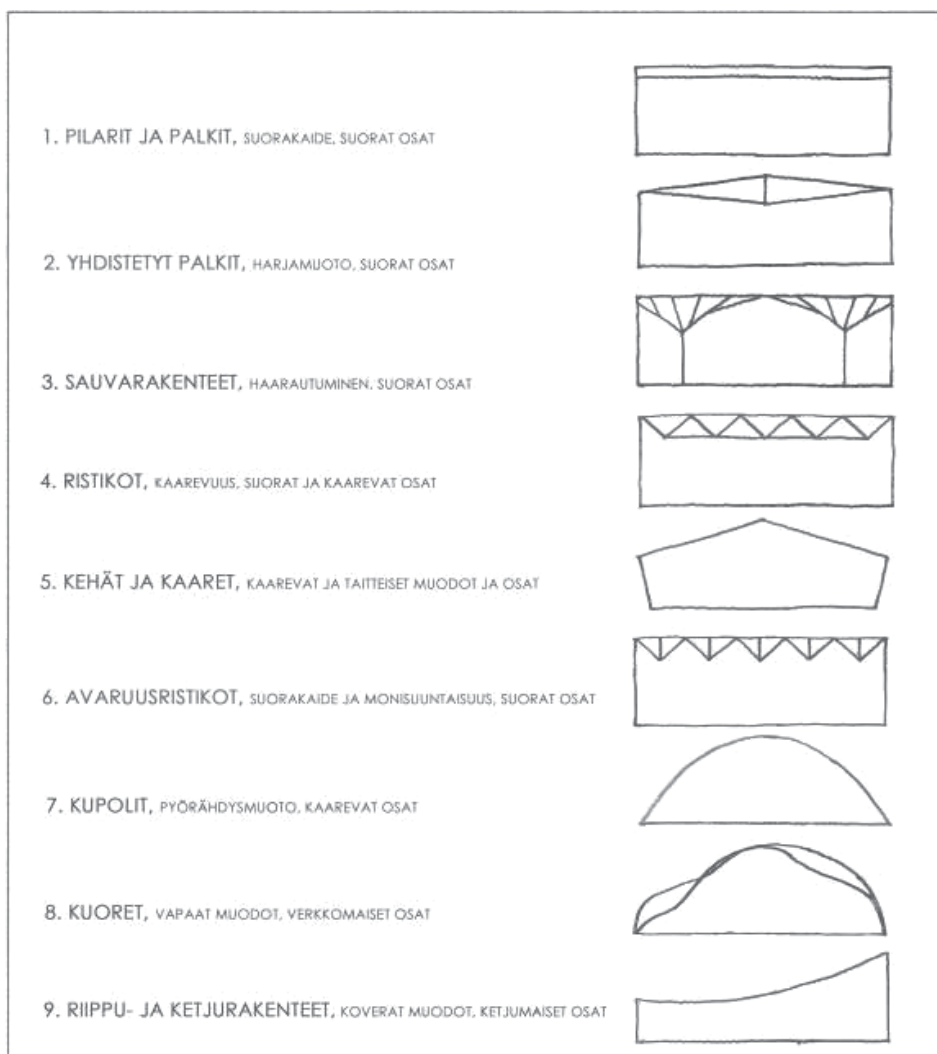
### 3.4. Päätelmiä

Eri puurakennejärjestelmille ovat luontaisia tietyt massan, poikkileikkauksen ja pohjan muodot. Useimmat järjestelmät muodostavat suorakulmaisen pohjan, mutta kaikilla järjestelmillä voidaan aikaansaada muitakin perusmuotoja ja jopa vapaita muotoja. Rakenteen luontainen muoto on keskeinen tekijä arkkitehtonisen ilmaisun kannalta. Lisäksi rakenteen muotoon voidaan vaikuttaa sen teknisillä sovelluksilla.

Vaikka eri puurakennejärjestelmien perustyypeillä on luontainen pohjanalan ja poikkileikkauksen muoto, perustyyppien sovelluksissa tai eri järjestelmien yhdistelmillä voidaan luoda hyvin monenlaisia, erilaisiin muoto- ja laajuusvaatimuksiin tarvittavia konstruktioita ja muotovaihtoehtoja. Useimmat nykyarkkitehtuurin muototavoitteista jopa edellyttävät eri järjestelmien yhdistelemistä.

Puurakenteiden muotoon vaikuttavat myös liitokset ja jäykistävät rakenteet. Niiden avulla ja erilaisilla sovelluksilla voidaan saada aikaan huomattavia eroja arkkitehtonisessa ilmaisussa. Ne voivat toimia jopa koko rakennuksen arkkitehtonisesti merkittävimpänä tekijänä.

Seuraavassa on esitetty tiivistelmä eri puurakennejärjestelmien ryhmityksestä ja peruspoikkileikkausten muodosta.



**Kuva 3.23.** Tiivistelmä eri puurakennejärjestelmien ryhmytyksestä ja peruspoikkileikkausten muodoista. Hallimaista vapaata tilaa voidaan käyttää monitoimisesti eri käyttötarkoituksiin. Muu visuaalinen tila on osa sisätilaa, jota voidaan hyödyntää oheiskäyttötarkoituksiin, joita voivat olla esimerkiksi kulkuväylät, reunaharjoittelualueet, katsomot ja tekniset reitit. Hallitila ja muu visuaalinen tila saavat yhdessä aikaan arkkitehtonisen sisätilan.

Eri puurakennejärjestelmät antavat lähtökohdan myös arkkitehtonisen muodon syntymiselle. Toisaalta eri järjestelmien alalajit, liitosten ja jäykistävien rakenteiden valinnat sekä lukuisat sovellukset antavat viitteitä siitä, että arkkitehtoniseen muotoon voidaan vaikuttaa usealla eri tavalla.

Suomen suurissa puurakenteisissa rakennuksissa, tutkimuksen aineistonkeruuhetkellä vuosina 2003–2006, on ollut käytössä lähinnä pilari- ja palkkirakenteita, yhdistettyjä palkkeja, ristikkorakenteita sekä kehärakenteita ja kaarirakenteita. Tilanne on hyvin pitkälle sama edelleenkin, kun tarkastelee alan suomalaisissa julkaisuissa esitettyjä puurakentamisen uusia kohteita. Muita puurakennemalleja on meillä toteutettu vain yksittäisissä kohteissa. Kaikien erilaisten puurakennejärjestelmien arkkitehtonisia ilmaisukeinoja ei meillä selvästikään vielä osata hyödyntää. Sen sijaan monet ulkomailla toteutetut puurakennratkaisut osoittavat, että arkkitehtonisia ilmaisumahdollisuuksia on runsaasti. Jotta meillä yllettäisiin samaan, on tärkeää pohtia suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodon ominaisuuksia myös arkkitehtuurin teorian tasolla.



## 4. Suurten puurakenteiden arkkitehtoninen muoto

### 4.1. Arkkitehtoninen muoto

Suurten puurakenteiden arkkitehtonisia ominaisuuksia voidaan tarkastella rakenteen muodostaman tilan ja massan näkökulmasta. Rakenne rajaa aina tilan, ja joskus jo pilarit saattavat riittää tilan rajaamiseen. Rakenteen muoto vaikuttaa myös massan muotoon, kokoon ja korkeuteen. (Ching 1979, 130–135.) Tilan ja massan arkkitehtoniseen muotoon vaikuttaa myös rakenteen osien muodostama pinta (mt., 19–44). Massan pinta voi olla massiivinen tai niin sanotusti luurankomainen. Massiivinen pinta artikuloituu veistoksellisella tavalla, jossa rakenteen tekstuurilla on vähäisempi asema, kun taas luurankomainen pinta tuo esiin rakenteen kokoonpanoon tarvittavat osat ja niiden liittymisen toisiinsa. (Norberg-Schulz 1985, 162–164.)

Monet arkkitehdit pitävät rakenteen tekotavan esillä tuomista tärkeänä arkkitehtonisena keinona. Esimerkiksi Marco Frascari ja Vittorio Gregotti korostavat juuri rakenteen muodon ja liitosten merkitystä arkkitehtonisen tilan luomisessa. Gregottin mukaan arkkitehtuuri asuu rakenteiden yksityiskohdissa, joissa näkyvät arkkitehtoniset valinnat. Yksityiskohtien moninaiset mahdollisuudet tarjoavat jatkuvasti uusia vaihtoehtoja arkkitehtonisessa ilmaisussa. (Nesbitt 1996, 494–514.) Tätä kuuluisampi näkemys oli Mies van der Rohen muistokirjoituksen yhteydessä yleisesti tunnetussa repliikissä ”God is in the details”. Varhaisimpia kirjoituksia arkkitehtonisen muodonannon periaatteista on Vitruviuksen kokoamassa teoksessa ”The Ten Books on Architecture”. Näistä mainittakoon tässä yhteydessä muodon rytmi, symmetria ja suhteet (Mallgrave 2006 vol. I, 5–14).

Seuraavassa tarkastellaan sitä, mikä on puisten kantavien rakenteiden merkitys arkkitehtonisen tilan, massan ja pinnan kannalta. Vaipparakenteen arkkitehtonista merkitystä käsitellään vain siltä osin kuin se liittyy kantavan rakenteen ominaisuuksiin, esimerkiksi luonnonvalon vaikutuksen kautta.

#### Arkkitehtonisen muodon merkityksestä

Arkkitehtonisen muodon tarkastelu liittyy laajemmin rakennuksen arkkitehtonisen laadun määrittelyyn, joka esimerkiksi Niukkasen ja Oksalan (1986, 10) mukaan koostuu teknisistä, toiminnallisista ja esteettisistä arvoista. Esteettiset arvot puolestaan jakautuvat abstrakteihin (esim. tila, massa, pintamateriaali, valo, väri) ja merkityssisällöisiin (esim. toimintasisällön tunnistaminen, vaikutelma ja taiteellinen sisältö tyyleineen) elementteihin.

Samoin Hesselgren (1969, 17) katsoo rakennuksen arkkitehtonisen laadun esteettisten tekijöiden muodostuvan toisaalta visuaalisista, toisaalta merkityssisällöllisistä arvoista. Visuaalisuuteen hän liittää muodon, valon ja värin. Muoto toimii arkkitehtonisessa ilmaisussa tärkeänä artikuloivana tekijänä (mt., 252).

Vastaavasti Allsop (1977, 26–32) näkee arkkitehtuurin esteettisen laadun koostuvan fysikaalisista ja muotoon liittyvistä tekijöistä (esim. gravitaatio, symmetria, balanssi, suhteet, skaala) ja merkityssisällöllisistä tekijöistä (esim. kertovuus ja vaikutelma). Allsop käyttää eräänä esi-

merkkinä Santa Sophiiaa, jonka arkkitehtoninen kauneus yhä tunnustetaan, vaikka rakennuksen käyttötarkoitus on muuttunut moskeijasta museoksi ja vaikka sen rakennustekniikka on vanhentunut. Vastaavasti Parthenon on rakennus, jossa on kyetty kristallisoimaan oman aikansa tekniset saavutukset ja joka edustaa oman traditionsa huipentumaa. (Mt., 11.)

Arkkitehti joutuu aina formuloimaan tehtävänsä, ja se tapahtuu muodon tarkoituksen löytämisellä. Eri aikakausina muodolle on esitetty perusteita eri lähtökohdista. Klassisessa arkkitehtuurissa muoto oli kategorioitu sääntöihin, jotka johtivat kauneuteen. Modernissa arkkitehtuurissa muodon määräytymistä ohjaavat toiminnalliset vaatimukset. Postmoderneissa ja uusimmissa suuntauksissa puolestaan haetaan arkkitehtoniselle muodolle perusteita esimerkiksi luonnon muodoista, laajenevasta avaruudesta tai kaaoksesta (Jencks 2002, 206–264). Tällaiset ajattelutapojen muutokset eivät kuitenkaan sulje pois arkkitehtonisen muodon ja siihen vuorovaikutuksessa olevan merkityssisällön vaikutusta rakennusten arkkitehtoniseen laatuun. (Norberg-Schulz 1985, 131–133.)

Vaikuttaa siltä, että halu ilmaista arkkitehtonista viestiä rakenteiden avulla on ollut käytössä jo pitkään, kuten tämänkin tutkimuksen puurakenteiden historian tarkastelu osoittaa. Halu ilmaista rakennelman vahvuutta ja kestävyyttä tai suuntaa esimerkiksi ylöspäin, kohti taivasta, on ollut ilmeinen. Modernin arkkitehtuurin aikakaudelta on luonnollista mainita myös konstruktivistinen suuntaus, jossa erityisesti rakennuksen rakenteelle annettiin päärooli arkkitehtonisessa ilmaisussa. Esimerkkejä tästä ovat muun muassa Vladimir Tatlinin spiraalinen näyttelytorni, joka alkoi muodostua symboliksi ja käsitteeksi konstruktivismille. Tornissa yhdistyivät materiaali, tila ja rakenne, ja itse rakenne muovasi edellisiä ja oli visuaalisesti näkyvässä roolissa. (Mallgrave 2008, 171.) Toinen modernismin ajan esimerkki rakenteen visuaalisesta ilmaisusta on Ludwig Mies Van Der Rohen ”Office Building”. Toimistorakennus suunniteltiin ja rakennettiin teräsbetonista, lasista ja teräksestä. Rakennus ja sen kolmiulotteinen ruudukko ovat ensisijaisesti teräksinen luurankorakenne, jonka täyteenä on kantamaton lasirakenne. Rakennus on kuin iho ja luuranko. Arkkitehtonisena ilmaisuna olivat toisto, ennakoitavuus, muodon puhtaus ja vakaus. (Mt., 205.)

Agigail Harrison-Mooren ja Dorothy C. Rowen toimittamassa julkaisussa *Architecture and Design in Europe and America 1750–2000* todetaan, että rakenteiden ja niiden ilmaisun kehittyminen voi tapahtua esimerkiksi siten, että olemassa olevien rakennejärjestelmien innoittamana arkkitehti hyödyntää niitä omassa ilmaisussaan. Arkkitehti voi myös pyrkiä ilmaisemaan tiettyä tavoitetta, ja rakennetta kehitetään edelleen, jotta tavoitteen toteuttaminen olisi mahdollista. Mitä uudempi ja harvinaisempi rakenne on, sitä suurempi on halu ottaa se osaksi arkkitehtonista ilmaisua. (Harrison-Moore 2006, 317–318.)

Tämän tutkimuksen kohteena olevat puurakenteiset liikuntahallit kuuluvat käyttörakennuksiin, joiden arkkitehtonisessa suunnittelussa tulisi teknisten ja toiminnallisten seikkojen lisäksi kyetä ratkaisemaan arkkitehtoninen muoto ja merkityssisältö niin, että hallit ovat tunnistettavissa liikuntaan, virkistykseen tai urheiluun liittyviksi rakennuksiksi. Rakennus voi kuitenkin saada luonteen, joka on rauhallinen hiljentymispaikka, kuten kylpylä, tai vaihtoehtoisesti dynaaminen kilpa-areena.

Muodon visuaalisten ominaisuuksien ja merkityssisällön välistä vuorovaikutusta tarkastellaan tietyin osin myöhemmin suurien puurakenteiden havainnointien ja haastattelujen yhteydessä. Seuraavassa keskitytään tarkastelemaan muodon visuaalisia ominaisuuksia kantavan puurakenteen lähtökohdista.

Tämän tutkimuksen aineistonkeruujankohdan, vuoden 2006 jälkeen on julkaistu melko vähän kirjallisuutta arkkitehtonisen muodon ja arkkitehtonisen ilmaisun välisestä visuaalisesta vuorovaikutuksesta. Pääasiallinen kirjallisuuden kiinnostuksen kohde viime vuosina ja aikaisemminkin on ollut arkkitehtonisen muodonannon merkityssisältö ja sen ilmeneminen jonakin aikakautena, yhteiskunnallisessa tilanteessa tai jonkun arkkitehdin tuotannossa. Nämä näkökulmat eivät kuitenkaan ole tämän tutkimuksen ensisijaisena kohteena.

Tuoreemmasta, vuoden 2006 jälkeen julkaistusta kirjallisuudesta on kuitenkin syytä ottaa esiin J. Donald Ragsdalenin vuonna 2011 julkaistu teos *Compelling form: Architecture as Visual Persuasion*. Ragsdalenin mukaan arkkitehtuurissa pyritään selvästi kehittämään menettelmää, jossa visuaalisuus voidaan kokea tietynlaisena ilmaisuna. Tämän arkkitehtoninen lukutaito edellyttää jonkinlaisia yhteisiä viestintäperiaatteita. (Ragsdalen, 2011, 5).

Ragsdalen puhuukin visuaalisen lukutaidon käsitteestä (mt., 6). Hän mainitsee muun muassa Stricklandin vuonna 2001 esittämän luettelon arkkitehtuurin visuaalisuuden jäsentämiseksi: rytmi, linja, mittakaava, valo, tekstuuri, väri, koriste, akustiikka, paikka, avaruus ja massa. Niin ikään Ragsdalen esittää Rothin vuonna 1993 laatiman vastaavan listan: suhde, mittakaava, rytmi, tekstuuri, valo, väri, rumuus, koristeet, akustiikka, tila, toiminta ja kestävyys (mt., 7).

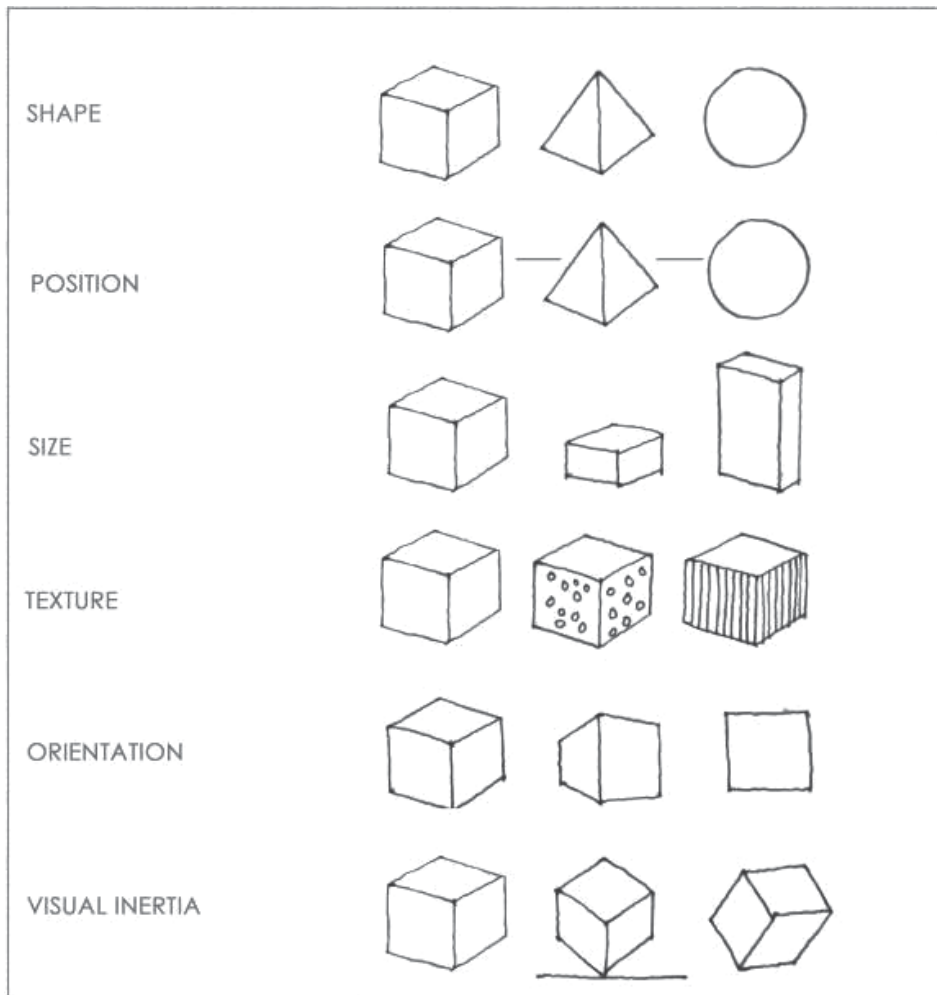
Edellisten lisäksi Ragsdalen on löytänyt Dondisin jo vuonna 1973 esittämän vastakohtaisuuksien luettelon: tasapaino–epätasapaino, symmetria–epäsymmetria, säännöllisyys–epäsäännöllisyys, yksinkertaisuus–monimutkaisuus, yhtenäisyys–pirstoutuneisuus, selkeys–mutkikkuus, vähätteleminen–liioittelu, ennustettavuus–spontaanisuus, rohkeus–hienovaraisuus, yksinkertaistava–monimutkaistava, epätasaisuus–tasaisuus, terävyys–tylsyys, järjestelmällisyys–sattumanvaraisuus ja toisto–jaksotteleva (mt., 8.).

Edellä esitetyn jälkeen Ragsdalen kuitenkin päätyy Francis D.K. Chingin vuonna 1973 esittämään, kiteytettyyn, jopa yksinkertaiseen esitykseen. Hän pitää sitä tärkeänä ja selkeänä, koska Ching perustaa ajattelun arkkitehtuurin perusrakenteiden, kuten pisteiden, linjojen, tasojen ja tilan, tuomiin mahdollisuuksiin (mt., 2011, 8). Viittaukset merkityssisältöön on karstittu luokituksesta pois, ja siksi se on hyvin käytäntöpainotteinen ja sovellettavissa eri tilanteisiin. Chingin mukaan arkkitehti voi manipuloida esimerkiksi linjoja, muotoja, sävyjä ja tekstuuria käyttämällä hyväkseen visuaalista tasapainoa ja symmetriaa ja saavuttaa siten haluamansa arkkitehtonisen ilmaisun (mt., 2011, 8).

Tässä tutkimuksessa on niin ikään päädytty käyttämään Chingin vuoden 1979 julkaisun mukaista jaottelua lähtökohtana muodostettaessa eri puurakenteille sopivaa muodon ominaisuuksien jaottelua ja ilmaisua. Vaikuttaa siltä, että vuoden 2006 jälkeen julkaistussa kirjallisuudessa Chingin ajattelun lähtökohtia pidetään edelleen pätevänä vaikkakaan ei edelleenkaan kaiken kattavina. Chingin julkaisusta *Architecture: form, space and order* on julkaistu myös uusintapainos vuonna 2007. Siinä muodon visuaaliset ominaisuudet on edelleen jaoteltu saman tapaan (Ching 2007).

### **Kantavan rakenteen arkkitehtoninen merkitys**

Kantava rakenne voidaan käsittää koko rakennuksen laajuudessa pinnaksi, joka muodostaa edelleen massan ja tilan (Norberg-Schulz 1985, 133–134, 162–165). Tilan visuaalista luonnetta voidaan määrittää muotojen ominaisuuksien avulla (Ching 1979, 19–44). Norberg-Schulz (1985, 134–160) sisällyttää muodon visuaalisiin ominaisuuksiin hahmon, liittymisen, pinnan valaistuksen, värikontrastin, tekstuurin, muodon aseman ja stabiliteetin. Samantapaisesti Ching (1979, 50–51) määrittelee muodon visuaalisia ominaisuuksia, joihin kuuluvat muodon hahmo, muodon koko, pinnan väri, pinnan tekstuuri, muodon asema, muodon orientaatio ja visuaalinen jatkuvuus. Chingin monipuoliset kuvaukset eri ominaisuuksista antavat käyttökelpoisen lähtökohdan muodostaa sovellus, joka palvelee suurien puurakenteiden visuaalisten ominaisuuksien jatkotarkastelua.



**Kuva 4.1. Muodon visuaalisia ominaisuuksia Chingin mukaan.**

**Shape:** the principal identifying characteristic of form; shape results from the specific configuration of a forms surfaces and edges. **Position:** a forms location relative to its environment or visual field. **Size:** the real dimensions of form, its length, width and depth; while these dimensions determine the proportions of a form, its scale is determined by its size relative to other forms in its context. **Texture:** the surface characteristics of a form; texture affects both the tactile and light reflective qualities of a forms surface. **Orientation:** a forms position relative to the ground plane, the compass points or to the person viewing the form. **Visual inertia:** the degree of concentration and stability of form; the visual inertia of a form depends on its geometry as well as its orientation relative to the ground plane and our line of sight." (Ching 1979, 50-51.)

Chingin mukaista muodon määrittelyä hyödynnetään mahdollisimman paljon, kun seuraavaksi pyritään soveltamaan muotojen ominaisuuksien luokittelua käyttökelpoiseksi suurille puurakenteille. Chingin kuvailemien ominaisuuksien esimerkkeinä ovat arkkitehtuurin peruskappaleet, kuten suorakaide, kolmio tai pallo. Sen sijaan tämän tutkimuksen peruskappaleena on kokoontumiseen käytettävä, puurakenteinen ja hallimainen rakennus. Tästä syystä ominaisuuksia on haluttu soveltaa edelleen tarkoituksenmukaisemmaksi. Chingin luokitus on sovellettavissa todennäköisesti monella muullakin tavalla, mutta seuraavassa pyritään kuvaamaan tässä tutkimuksessa käytettävää sovellusta. Tämän tutkimuksen sovellus ei voi siis olla ainoa tulkinta, vaan eri yhteyksissä voidaan muodostaa muitakin tulkintoja muodon ominaisuuksista. Kyseessä on siis eräänlainen laatijansa tulkitsema työmalli.

Chingin mukainen hahmo (shape) on ensisijaisesti muodon ominaispiirre, joka syntyy pintojen ja reunojen kokoonpanosta. Näitä voivat olla esimerkiksi kuution-, kolmion- tai pallon hahmo. (Mt., 50.) Tässä työssä ominaisuus ymmärretään enemmän **kokoonpanoksi**, joka muodostuu luurankomaisen puurakenteen osista ja asennosta suhteesta toisiinsa sekä tavasta, jolla osat on liitetty toisiinsa. Kokoonpanoksi voi muodostua esimerkiksi särmikäs suorakaide tai särmätön kaareva kappale.

Chingin mukainen asema (position) on muodon asema suhteessa visuaaliseen ympäristöönsä. Muoto voi poiketa vierellä olevasta muodosta, kuten suorakaide poikkeaa kolmiosta. (Mt., 50.) Tässä työssä ominaisuus ymmärretään muodon **hahmona**, jolloin se kertoo muodon hahmon asemasta suhteessa ympäristöönsä. Hahmo voi olla esimerkiksi säännöllinen ja lineaarinen tai epäsäännöllinen ja hybridinen.

Chingin mukainen koko (size) kuvaa muodon pituutta, leveyttä ja korkeutta sekä itsessään että suhteessa ympäristöönsä. Muoto voi tuntua matalalta tai korkealta ympäristönsä mukaan. (Mt., 50.) Tässä työssä ominaisuus ymmärretään muodon **mittasuhteena**, joka saa aikaan muodon horisontaalisuutta sekä vertikaalisuutta tai visuaalista liiketilaa.

Chingin mukainen pinnan rakenne (texture) tulee esiin pinnan tekotavan ja valoheijastusten avulla. Muodon pinta voi olla sileä, täplikäs tai vaikkapa rasteroitunut. (Mt., 51.) Tässä työssä ominaisuus ymmärretään muodon **pinnan kudoksena**, joka voi koostua esimerkiksi isoista tai pienistä osista. Kudoksena voi olla esimerkiksi tasainen tai epätasainen.

Chingin mukainen olotila (orientation) määrittelee muodon asemaa suhteessa perustasoon, näkökenttään tai katsojaan. Muoto näyttää erilaiselta sen mukaan, mikä on katsojan sijainnin ja muodon suhde. (Mt., 51.) Tässä työssä ominaisuus ymmärretään muodon **havaittavuutena**, jolloin se kuvaa muodon yksinkertaista tai monimutkaista tekotapaa ja myös muodon ennalta arvattavuutta tai arvaamattomuutta.

Chingin mukainen visuaalinen jatkuvuus (visual inertia) määrittelee muodon tasapainotilaa. Muodon jatkuvuus riippuu geometriasta ja sen visuaalisesta suunnasta suhteessa perustasoon ja katsojaan. Chingin esimerkkinä ovat tahkollaan, särmällään tai jopa kärjellään seisova kuutio. (Mt., 51.) Tässä työssä ominaisuus ymmärretään **visuaalisena tasapainona**, jolloin se kuvaa muodon symmetriaa tai epäsymmetriaa suhteessa perustasoon ja myös muodon visuaalista kiinnittymistä tai irtaantumista perustasosta.

Ching määrittelee yhdeksi muodon ominaisuudeksi myös värin (color). Tässä työssä värin merkitys käsitetään kontrastiseksi tekijäksi, joka tuo näkyviin muodon ominaisuuksia. Siksi väriä ei käsitellä tässä yhteydessä omana muodon ominaisuutenaan. Väri-ominaisuutta saatetaan kuvata havaintojen yhteydessä rakenteen läpi tulevan valon vaikutuksena.

Edellä esitetyn pohjalta, muodon visuaalisia ominaisuuksia suurissa puurakenteissa tarkastellaan tässä työssä seuraavasti:

1. muodon kokoonpano
2. muodon hahmo
3. muodon mittasuhteet
4. pinnan kudosis
5. muodon havaittavuus
6. visuaalinen tasapaino

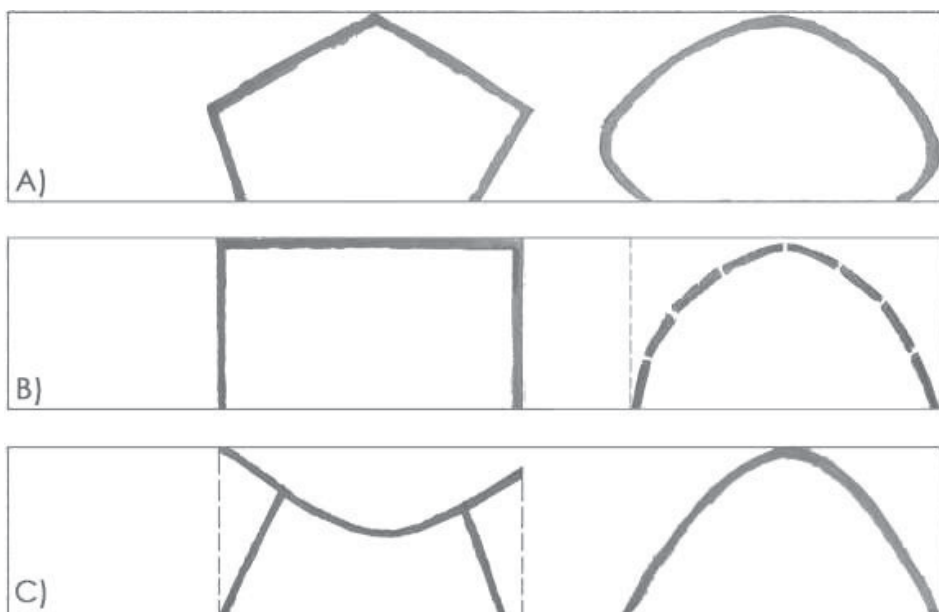
#### **4.2. Suurten puurakenteiden visuaaliset ominaisuudet**

Seuraavassa käydään läpi mainitut muodon visuaaliset ominaisuudet ja niiden arkkitehtoninen ilmaisukeino suurten puurakenteiden yhteydessä.

##### **Muodon kokoonpano**

Massan muoto muodostuu pintojen kokoonpanosta ja siitä tavasta, jolla pinnat on liitetty toisiinsa. Massan ominaisuus voi tämän seurauksena olla särmikäs tai särmätön. Massan pinnat voivat olla toisiinsa kiinnittyneitä ja epäitsenäisiä tai toisistaan irrallaan ja itsenäisiä. (Ching 1979, 50–63.) Eri puurakennejärjestelmien perustypeille ovat ominaisia tietyntyyiset muodon kokoonpanot, joiden ominaisuuksia voidaan kuitenkin muunnella esimerkiksi yhdistelemällä eri järjestelmiä toisiinsa.

Särmättömät massat ilmaisevat muodon pehmeyttä ja särmälliset kovuutta (mt., 58–59). Kun kaksi pintaa kohtaa toisensa siten, että pintojen itsenäisyys kasvaa tai pintojen vaihtuvuus korostuu, syntyy tektoninen vaikutelma (mt., 97). Kun pinnat liittyvät sulavasti toisiinsa, syntyy puolestaan plastinen vaikutelma (Ålander 1954, 63–69). Kun kaksi pintaa kohtaa toisensa siten, että liitoskohta jää visuaalisesti selvästi irti toisistaan, se ilmaisee muodon kokoonpanon avoimuutta, heikentää tilan sulkeutumista ja voimistaa pintojen itsenäisyyttä. Pintojen taipuessa siten, että erillisten pintojen itsenäisyyttä ei synny, ilmaistaan muodon sulkeutuneisuutta. (Ching 1979, 97.)



**Kuva 4.2. Muodon kokoonpano.**

**A)** Särmikäs ja särmätön kokoonpano ilmaisevat massan visuaalista kovuutta ja pehmeyttä. **B)** Itsenäinen ja epäitsenäinen kokoonpano ilmaisevat tektonisuutta ja plastisuutta. **C)** Pintojen irttoaminen ja kiinnittyminen kokoonpanossa ilmaisevat muodon avautumista ja sulkeutumista.

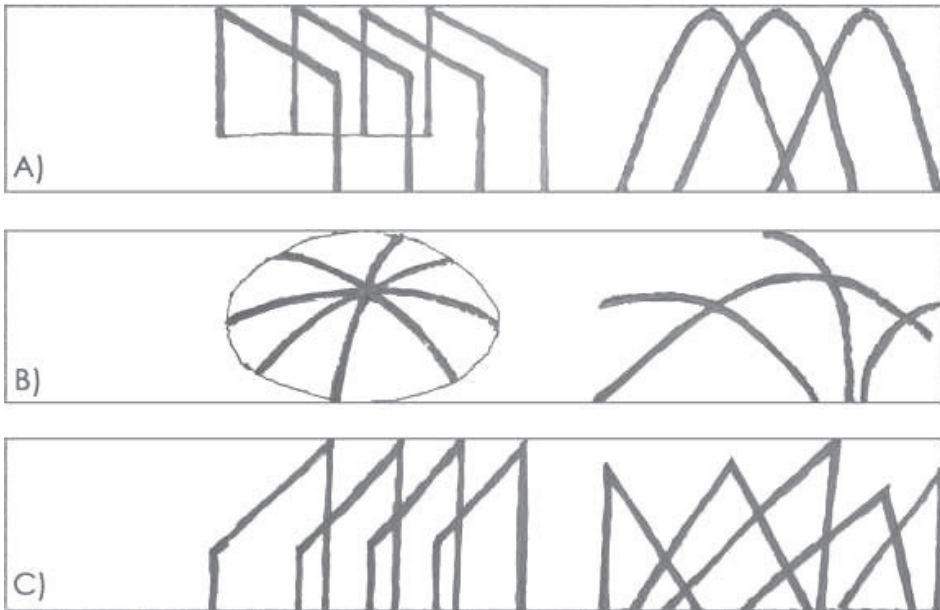
### **Muodon hahmo**

Hahmon ominaisuus voi muodostua lineaarisista osista, kaarevista osista, radiaalisista osista tai hybridisistä osista (Ching 1979, 51–93). Muodon hahmo voidaan myös ymmärtää ja määrittää säännölliseksi tai epäsäännölliseksi (Ching 1979, 50–63).

Eri puurakennejärjestelmille muodostuu luontaisesti erilaisia hahmoja. Eri puurakennejärjestelmiä voidaan yhdistellä, jolloin saadaan syntymään muotojen yhdistelmiä.

Lineaarisista osista muodostetut hahmot ilmaisevat tektonisia, itsenäisiä pintoja tai pinnan osia, kun taas kaarevista osista kootut hahmot ilmaisevat plastisia pintoja tai pinnan osia. Radiaalisuus ilmaisee laajenevaa arkkitehtonista ottilaa, kun taas hybridiset, joukkomuodot artikuloituvat visuaalisena kaaoksena. (Ching 1979, 51–93.) Muodolla on myös kyky kertoa sen erityisyydestä (Zevi 1978, 15–22). Epäsäännölliset hahmot artikuloituvat ainutkertaisina, erityisinä. Vastaavasti säännölliset hahmot ilmaisevat toistuvuutta. Ainutkertaisuus ja säännöllisyys kuvaavat muodon hahmoa ja asemaa suhteessa ympäristöönsä.



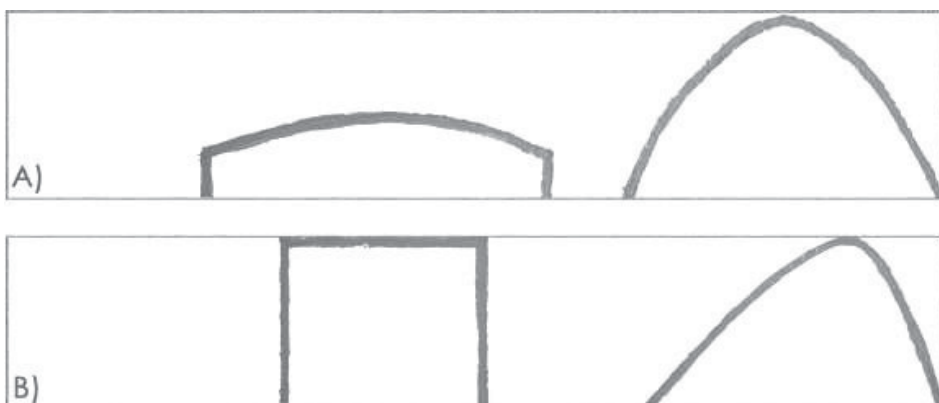


**Kuva 4.3. Muodon hahmo.** Eri puutuotteet saavat eri muotoja teknisten ominaisuuksiensa ansiosta. Sahatavara ja viilupuu ovat suorakaiteita, jotka voivat muodostaa kaarevan murtoviivan. Liimapuu sen sijaan voidaan taivuttaa kaarevaan muotoon tai valmistaa suorakaiteena (Eskolin 2001, 151). **A)** Lineaarisista ja kaarevista osista muodostuvat hahmot artikuloituvat tektoniseksi tai plastiseksi. **B)** Radiaalinen ja hybridinen hahmo ilmaisee laajenemista tai kaaosta. **C)** Säännöllinen tai epäsäännöllinen hahmo ilmaisee toistuvuutta tai ainutkertaisuutta.

### Muodon mittasuhteet

Arkkitehtonisen muodon mittasuhteet – pituus, leveys ja korkeus – voivat vaihdella, ja niiden suhteet vaikuttavat muodon luonteeseen ja ominaisuuteen (Ching 1979, 50–67). Suurten puurakenteiden ulottuvuudet vaihtelevat yleensä rakennejärjestelmän vaatimien mittasuhteiden mukaan. Jotkin järjestelmät synnyttävät samalla jännevälikillä leveämmän tai korkeamman poikkileikkauksen. Eri puurakenteet muodostavat myös tasasuhtaisen tai epätasasuhtaisen muodon mittasuhteen.

Suhteiden vaihtelu saa aikaan visuaalista vertikaalisuutta, horisontaalisuutta tai keskitettyä muotoa (mt., 50–67). Mittasuhteiden muutokset vaikuttavat arkkitehtoniseen ilmaisuun. Leveät mittasuhteet ilmaisevat horisontaalisuutta ja korkeat vertikaalista liikettä. Tasasuhtaiset mittasuhteet ilmaisevat paikallaan pysyvää, staattista arkkitehtonista olotilaa ja epätasasuhtaiset mittasuhteet artikuloituvat dynaamisena, arkkitehtonista liiketilaa ilmaisevana muotona.



**Kuva 4.4. Muodon mittasuhteet.** Eri puurakennejärjestelmät muodostavat samalla jännävälillä erisuurteisia muotoja, ja niiden korkeudet ja leveydet vaihtelevat (Eskolin 2001, 161). **A)** Leveä ja korkea muodon mittasuhteet ilmaisevat horisontaalisuutta ja vertikaalisuutta. **B)** Tasasuhteisuus ja epätasasuhteisuus ilmaisevat visuaalista staattisuutta ja liikettä.

### Pinnan kudosis

Rakenteen kudosis tuo esiin pinnan muodon ominaisuudet (Ching 1979, 50). Pinta voi muodostua mittasuhteiltaan isoista ja harvaan asetetuista osista tai pienemmistä ja tiheämpään asetetuista osista. Pinnan osat saavat myös vallitsevan visuaalisen suunnan ja esiintymistasaisuuden. (Ching 1979, 102.) Rakenteen pinta voi muodostua ohueksi tai paksuksi rakennejärjestelmän teknisten vaatimusten mukaisesti. Pinnan osien liittyminen toisiinsa voidaan muodostaa jatkuvaksi, lähes saumattomaksi tai vastaavaksi epäjatkuvaksi, jossa osien itseäisyys säilyy. Pinnan osien liitos kertoo rakenteen tekotavan.

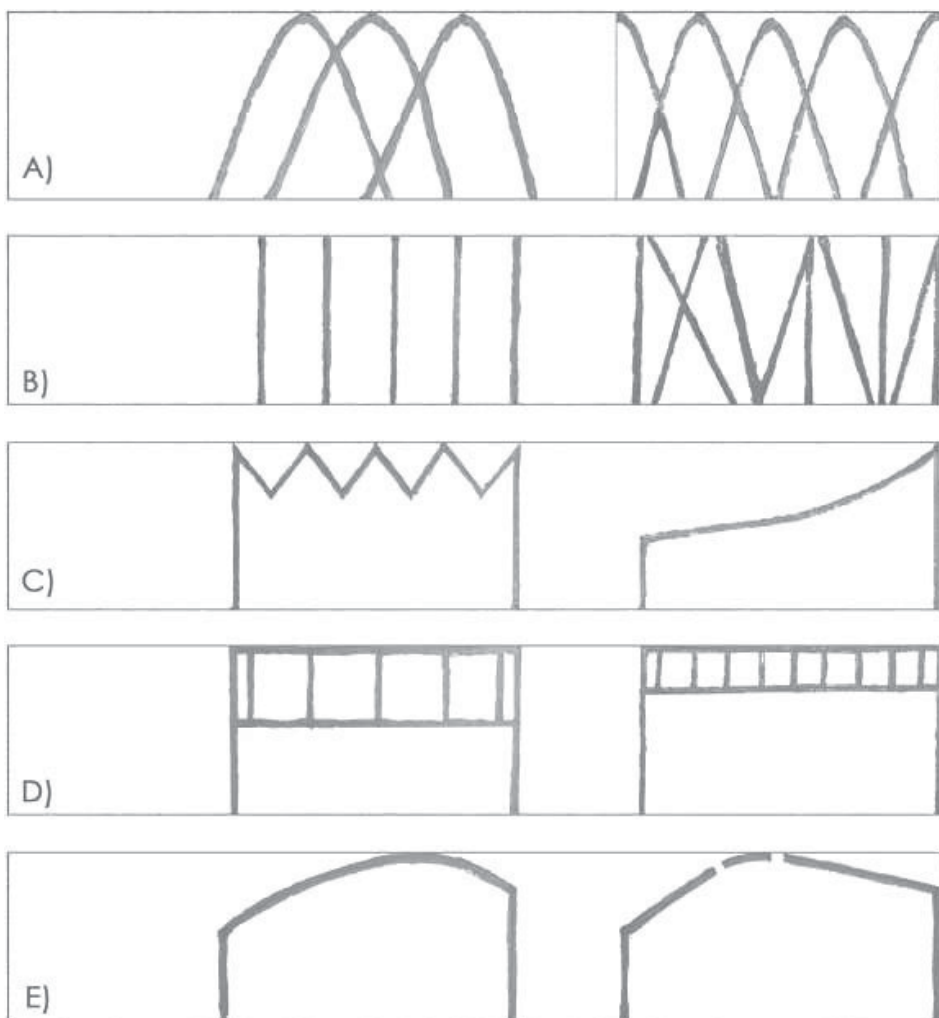
Pinnan kudoksen esilletulon edellytys on, että läpinäkyvyyden peittävä vaipparakenne on irti rakenteesta. Jos osa rakenteesta jää vaipparakenteen sisään, näkyviin jäävä kudosis korostuu. (Mt., 99.) Sekundaarirakenteella ja jäykistävällä rakenteella on myös vaikutuksensa kudokseen. Ne voivat olla hyvin näkyvänä osana kudoksessa tai vastaavasti esiintyä hyvin huomaamattomina. Luonnonvalon johtaminen rakenteista muodostuvan pinnan läpi lisää muodon ominaisuuksien esilletuloa.

Kudoksen ominaisuudet vaihtelevat luontaisesti eri puurakennejärjestelmien teknisten vaatimusten mukaan. Esimerkiksi massiivisista palkeista ja pilareista voidaan muodostaa kudosis, joka on isodimensiainen ja harva. Vastaavasti puisella kuorirakenteella voidaan muodostaa tiheä ja pienidimensiainen kudosis. Rakenteen muodostaman pinnan paksuudet vaihtelevat eri puurakennejärjestelmillä. Eräiden järjestelmien osat jopa erkanevat pinnasta ja sijoittuvat visuaaliseen tilaan. Eri puumateriaalien käyttö samassa rakennejärjestelmässä saa aikaan muutoksia esiintymistasaisuudessa ja liitostavoissa. Esimerkiksi sahatavaran vaatima esiintymistiheys on suurempi kuin liimapuun tai viilupuun.

Pinnan osaksi voidaan käsittää rakennusosan erilliset komponentit ja niiden liittyminen toisiinsa, jolloin niistä tulee arkkitehtonista ilmaisuja muodostava tekijä (Ching 1979, 95). Dimensioiltaan isot rakenteen osat ilmaisevat raskautta, kun taas pienet osat visuaalista keveyttä (mt., 102). Harvaan asetetut rakenteen osat artikuloivat pinnan esineellistä rajausta. Sen sijaan tiheään asetetut osat muodostavat epäesineellisen, kiinteämmän rajauksen. (Ålander 1954, 52–56.) Kudoksen osien asento ilmaisee pinnan visuaalisen suunnan tai tilanteen, jossa ei ole vallitsevaa suuntaa. Tällöin kudoks ilmaisee joko visuaalista liikettä tai vastaavasti paikalla pysyvää, staattista arkkitehtonista oloa. (Ching 1979, 102.) Rakenteet, jotka muodostavat tasaisen kudoksen, artikuloituvat sileäksi, kun taas epätasaiset pinnat karheiksi. Paksut kudokset ilmaisevat kerrostuneisuutta ja vastaavasti ohuet pinnat kerroksetonta kudosta.

Pinnan osasten liitostapa saa kudoksen artikuloitumaan pehmeäksi, plastiseksi tai kovaksi, tektoniseksi. Sitä pehmeämmäksi pinta muuttuu, mitä jatkuvampi ja saumattomampi on kudosten osien liitos. Kun osien itsenäisyys säilyy ja liitos on epäjatkuvaa, artikuloituu kudoks kovaksi. (Mt., 58–59.)

Sekundaarirakenteet ja jäykistävät rakenteet voivat vahvistaa tai jopa muuttaa pinnan artikulointia. Nämä rakenteet voidaan sijoittaa omiksi itsenäisiksi osiksi kudokseen, tai ne voivat olla visuaalisesti kiinteä osa kantavaa rakennetta.



**Kuva 4.5. Pinnan kudos. A)** Isot osat ja pienet osat ilmaisevat raskautta ja keveyttä. Harva asettelu ja tiheä asettelu ilmaisevat esineellistä rajausta ja epäesineellistä rajausta. **B)** Vallitseva suunta ja ei vallitseva suunta ilmaisevat kudoksen visuaalista liiketilaa ja pysähtynyttä tilaa. **C)** Tasaisuus ja epätasaisuus ilmaisevat kudoksen sileyttä ja karheutta. **D)** Paksu ja ohut kudos ilmaisevat kerrostuneisuutta ja kerroksettomuutta. **E)** Osien jatkuvuus ja epäjatkuvuus ilmaisevat kudoksen osien pehmyyttä ja kovuutta.

## Muodon havaittavuus

Muotoa tarkastellaan valmiissa rakennuksessa yleensä tietyltä etäisyydeltä ja tietyistä pisteistä. Tällöin eri muodot ovat eri asemassa havaittavuutensa kannalta. (Ching 1979, 51.) Visuaalisesti monimutkaisten rakenteiden muoto tai epäkonstruktiiviseen tekotapaan liittyvä muoto ovat vaikeasti havaittavissa, kun taas muodoltaan yksinkertaisten tai konstruktiivisten rakenteiden tekotapa on helposti havaittavissa. Liitokset, sekundaarirakenne ja jäykistävät rakenteet voivat helpottaa tai vaikeuttaa rakenteiden tekotavan havaittavuutta. Esimerkiksi liimaliitos hävittää liitoksen havaittavuutta, ja visuaalinen painoarvio kohdistuu koko rakenteen tai massan muotoon.

Myös erilaiset häiriötekijät saattavat heikentää rakenteen muodon havaittavuutta. Näitä häiriötekijöitä voivat olla esimerkiksi tekniset installaatiot tai rakennuksen toimintaan liittyvät elementit. Kun osa muodosta on näkymättömissä, pystymme kuitenkin hahmottamaan kokonaisuuden helpommin, jos muoto on yksinkertainen ja helposti tunnistettavissa (mt., 68).

Eri muotojen havaittavuus ja arkkitehtoninen ilmaisukyky valmiissa rakennuksessa riippuvat siis niiden havaittavuudesta. Konstruktiiviset, helposti havaittavissa ja tunnistettavissa olevat muodot artikuloituvat tekotalvaltaan kertoviksi. Epäkonstruktiiviset, vaikeasti havaittavat tai manipuloidut muodot artikuloituvat tekotalvaltaan piilottaviksi.

Manipuloitu muoto voidaan saada näyttämään tekotalvaltaan toiselta kuin se todellisuudessa on. Useimmiten manipulointiin voidaan käyttää juuri liitosta, sekundaarirakennetta tai jäykistävää rakennetta. Esimerkiksi ohuet vetotangot voivat visuaalisesti jäädä lähes näkymättömiin ja siten manipuloida rakenteen muotoa. Jäykistävät rakenteet puolestaan saavat visuaalisesti merkittävän roolin, jolloin todellinen rakennejärjestelmän muoto on vaikeasti havaittavissa.



**Kuva 4.6. Muodon havaittavuus A)** Yksinkertainen tekotapa tai monimutkainen tekotapa ilmaisee kertovaa tekotalpaa tai piilottavaa tekotalpaa. **B)** Konstruktiivisuus ja epäkonstruktiivisuus ilmaisevat ennalta arvattavuutta tai arvaamattomuutta.

## Visuaalinen tasapaino

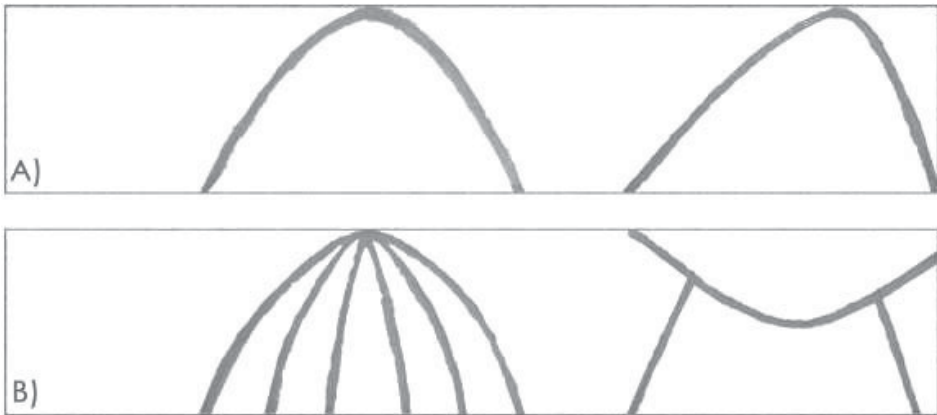
Muodon visuaalinen tasapainotila määräytyy muodon symmetrisestä tai epäsymmetrisestä asennosta suhteessa perustasoon sekä siitä, miten muoto visuaalisesti kiinnittyy perustasoon (Ching 1979, 50–57).

Kaikkia puurakennejärjestelmiä voidaan kallistaa suhteessa perustasoon. Eräät jäykistystavat voivat myös lisätä tai muuttaa rakenteen muodon symmetrisyyttä. Visuaalinen kiinnittyminen perustasoon vaihtelee eri liitostavoilla. Esimerkiksi momenttijäykästi perustasoon kiinnittyvä pilari saa erilaisen muodon kuin nivelliitos. Jäykistävillä rakenteilla on vaikutusta rakenteen visuaaliseen kiinnittymiseen perustasossa. Luonnonvalon vaikutus rakenteiden symmetriaan ja perustasoon kiinnittymiseen voi manipuloida visuaalista tasapainoa.

Symmetrinen muodon suhde perustasoon artikuloituu visuaalisesti vakaaksi ja staattiseksi. Epäsymmetrisyys muodon ja perustason välillä ilmaisee arkkitehtonista dynaamisuutta. Myös liitos ja rakenteen jäsenten muotoilut voivat vaikuttaa ilmaisuun. (Mt., 62.)

Visuaalinen kiinnittyminen perustasoon ilmaisee paikallaan pysyvää ja sitovaa suhdetta perustasoon. Visuaalisesti vähän kiinnittyvä muoto ja rakenne eli perustasosta irti oleva muoto ilmaisee leijuvaa ja dynaamista arkkitehtonista olotilaa. Vaikuttava komponentti perustasoon kiinnittymisessä on yleensä liitos.

Luonnonvalolla aikaansaatu manipulaatio voi muuttaa tai voimistaa visuaalisen tasapainotilan artikulointia.



**Kuva 4.7. Muodon tasapaino** **A)** Symmetrinen tai epäsymmetrinen muoto ilmaisee visuaalista staattisuutta tai dynaamisuutta. **B)** Visuaalinen kiinnittyminen tai irtaantuminen ilmaisee staattista tai dynaamista suhdetta perustasoon.

### 4.3 Päätelmiä

Suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodon ratkaisemiseen vaikuttavat monet toiminnalliset, tekniset, visuaaliset ja merkityssisältöön liittyvät lähtökohdat. Edellä näistä on tarkasteltu muodon visuaalisia ominaisuuksia, jotka on tiivistetty muodon kokoonpanoon, hahmoon, suhteisiin, kudokseen, havaittavuuteen ja tasapainoon liittyviksi ominaisuuksiksi. Chingiltä (1979) omaksuttu ja tähän tarkoitukseen muokattu (laatijansa tulkitsema) luokitus osoittautui ymmärrettäväksi apuvälineeksi visuaalisten ominaisuuksien ja niiden artikuloinnin mahdollisuuksien jäsentämisessä sekä erilaisten suurien puurakennejärjestelmien avulla toteutuneiden ratkaisujen tarkastelussa.

Seuraavassa on kooste muodon visuaalisten ominaisuuksien kriteereistä.

Ominaisuus:

Artikulointi/ilmaisu:

#### 1. Kokoonpano

a) särmikäs	muodon kovuus
b) särmätön	muodon pehmeys
c) pintojen itsenäisyys	tektoninen kokoonpano
d) pintojen epäitsenäisyys	plastinen kokoonpano
e) pintojen irtoaminen	avoimuus
f) pintojen kiinnittyminen	sulkeutuneisuus

#### 2. Hahmo

a) lineaarisuus	tektonisuus
b) kaarevuus	plastisuus
c) radiaalisuus	laajeneminen
d) hybridit	kaaos
e) säännöllisyys	toistuvuus
f) epäsäännöllisyys	ainutkertaisuus

### 3. Mittasuhteet

a) leveät dimensiot	horisontaalinen liike
b) korkeat dimensiot	vertikaalinen liike, dynaamisuus
c) tasasuhteiset dimensiot	ei liiketilaa, staattisuus
d) epätasasuhteiset dimensiot	liiketilaa, dynaamisuus

### 4. Pinnan kudos

a) isot osat	raskaus
b) pienet osat	keveys
c) osien harva asettelu	esineellinen rajaus
d) osien tiheä asettelu	epäesineellinen rajaus
e) osilla vallitseva suunta	liiketila
f) osilla ei vallitsevaa suuntaa	ei liiketilaa
g) tasaisuus	sileys
h) epätasaisuus	karheus
i) paksu kudos	kerrostuneisuus
j) ohut kudos	kerroksettomuus
k) osien jatkuvuus	plastisen pehmeä
l) osien epäjatkuvuus	tektonisen kova

Lisäksi: liitoksen, sekundaarirakenteen, jäykistävien rakenteiden ja luonnonvalon vaikutus kudokseen.



## 5. Havaittavuus

a) yksinkertaisuus	kertova tekotapa
b) monimutkaisuus	piilottava tekotapa
c) konstruktivisuus	ennalta arvattavuus
d) epäkonstruktivisuus	arvaamattomuus

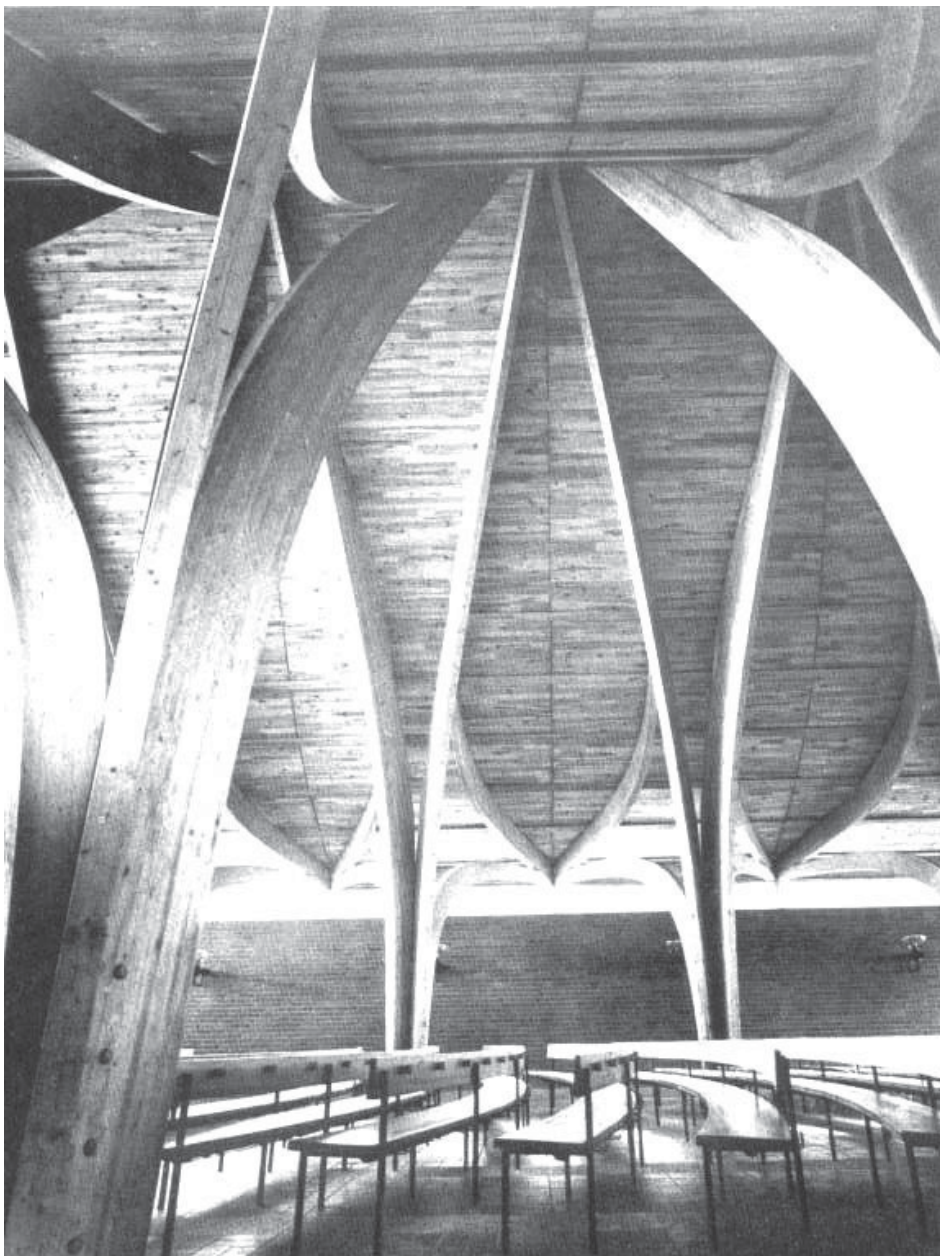
Lisäksi: liitoksen ja jäykistävien rakenteiden osuus havaittavuuteen

## 6. Visuaalinen tasapaino

a) symmetrisyys suhteessa perustasoon	staattisuus tasapainossa
b) epäsymmetrisyys suhteessa perustasoon	dynaamisuus tasapainossa
c) visuaalinen kiinnittyminen perustasoon	sitova suhde perustasoon
d) visuaalinen irtaantuminen perustasosta	leijuva suhde perustasoon

Lisäksi: liitoksen, jäykistävän rakenteen ja luonnonvalon osuus tasapainossa

Nämä tähän tutkimukseen sovelletut visuaaliset ominaisuudet toimivat seuraavassa luvussa perustana, kun tarkasteluun otetaan visuaalisten ominaisuuksien toteutumisen analyysi eräissä suurten puurakenteiden kohteissa. Samassa yhteydessä ominaisuusluokitusta on mahdollisuus vielä tarkentaa. Esille tulevat tietyiltä osin suurten puurakenteiden arkkitehtoniseen muotoon vaikuttavat suunnitteluratkaisun merkityssisällöt ja niiden vuorovaikutussuhde visuaalisiin ominaisuuksiin. Nämä ovat tapauskohtaisia ja selviävät parhaiten kutakin kohdetta paikan päällä havainnoimalla. Myös mahdollisuus suunnittelijoiden haastatteluun tai rakennuksia koskevat artikkelit syventävät havaintojen tulkintaa.



**Kuva 4.8.** Altenerdingin kirkko Oberbayernissä. Kaarirakenteen pehmeys ja visuaalinen liike. (Kuva: Hoffman 1966, s. 89, Bauen mit Holz.)

## 5. Arkkitehtonisen muodon toteutuksia

Tässä tutkimuksen empiirisessä osassa selvitetään, miten edellä esitetyt arkkitehtoniset ominaisuudet esiintyvät eräissä suurten puurakenteiden kohteissa. Selvitys tapahtuu etsimällä kirjallisuudessa ja alan julkaisuissa esiteltyjä kohteita, joissa muodon ominaisuus on tekijän näkemyksen mukaan merkittävässä asemassa. Lisäksi tutustutaan valittuihin kohteisiin, kerätään suunnittelijoiden näkemyksiä suunnitteluprosessista eri artikkeleista ja mahdollisuuksien mukaan myös haastatellaan kohteiden suunnittelijoita. Havainnointien ja haastattelujen apuna on teoriaosuudessa laadittu teema- ja tarkistusluettelo niistä suurten puurakenteiden arkkitehtonisista ominaisuuksista, joihin huomio kiinnitetään. Luetteloa voidaan tämentää kenttätutkimuksen aikana, jos siihen löytyy tarvetta (Hirsjärvi 2003, 202–203). Eri artikkeleissa olevien haastattelujen ja mahdollisten teemahaastattelujen avulla selvitetään myös arkkitehtonisia merkityssisältöjä, jotka ovat olleet lähtökohtana kohteiden suunnittelussa.

Koska aineiston keruuhetken (2003–2006) jälkeen on toteutettu esimerkiksi Keski-Euroopassa useita merkittäviä puurakennejärjestelmiin perustuvia kohteita, on syytä tarkastella aineiston ajantasaisuutta tällä hetkellä. Kirjallisuus ja julkaisut, joilla on etsitty tuolloin toteutettuja ja tutkimukseen sopivia kohteita, pitää ymmärtää eräänlaisena aputyökaluna tutkittavien kohteiden löytämiseksi. Tämänkaltaisen aputyökalun julkaisuvuodella ei ole tämän tutkimuksen kannalta suurtakaan merkitystä. Oleellista on, että kirjallisuuden ja julkaisujen avulla on kyetty löytämään tarkoituksenmukaiset havainnointikohteet. Valikoiduksi voisivat tulla edelleen samat kohteet, vaikka tänä päivänä vaihtojen määrä onkin runsaampi.

Kohteet, joita on havainnoitu, ovat nykyäänkin edustavia esimerkkejä arkkitehtonisen muodon ilmaisun näkökulmasta. Yhtä lailla ne edelleen edustavat myös teknisinä ratkaisuinä ennakkuoluutonta lähestymistapaa. Uusimmat puutuoteinnovaatiot, lainsäädännön muutokset tai puutuotteiden valmistustavat ovat muuttuneet tai kehittyneet viimeisen 15 vuoden aikana, mutta nämä muutokset eivät kuitenkaan ole tässä tutkimuksessa vanhentaneet havaittavien kohteiden tarkoituksenmukaisuutta. Ne ovat siis edelleen tarkoitukseensa sopivia kohteita.

Tarkkailemalla viimeaikaisia, maailmalla toteutettuja kohteita voidaan nopeasti huomata, että erityisesti erilaisten kuorirakenteiden kehittämät ovat olleet käytössä monessa kohteessa useammin kuin 15–20 vuotta sitten. Syynä tähän on oletettavasti vallitseva arkkitehtoninen suuntaus, missä erilaiset luonnonmuodot ja kontrastiset muodot ovat olleet arkkitehtuuria innoittavia lähtökohtia, kuten luvuissa 1–3. todetaan. Kuorirakenteet tukevat teko- tapansa ansiosta näitä arkkitehtonisia tavoitteita. Tämä arvio ei kuitenkaan sulje pois sitä, etteikö muillakin rakennejärjestelmillä pystytä toteuttamaan tämän päivän arkkitehtonisia tavoitteita.

Haastattelut ja havainnot edustavat suunnittelu- ja havainnointiajankohdan käsitystä muodon ominaisuuksien tulkinnasta. Tämä tulkinta on tietyllä tavalla ajaton, koska ilmeistä on, että ne tavoitteet, joita suunnittelijalla on ollut rakennusta suunniteltaessa, ovat edelleen tosia, vaikka ajan myötä suunnittelijan mielipiteet voivatkin muuttua tai suunnitteluosaaminen arkkitehtonisen ilmaisun osalta kehittyä.

Tämän tutkimuksen haastattelukirjaukset ovat pelkistettyjä otoksia koko haastattelusta. Haastattelut sisältävät paljon muutakin kuin itse ydinkysymyksestä keskustelua. Muuta keskustelua ei ole esitetty tässä tutkimuksessa, vaikkakin se on osa haastattelumenetelmää. Muu keskustelu (lämmittelykeskustelu) on olennainen osa teemahaastattelua ja saa aikaa tarvittavan luottamuksen haastattelijan ja haastateltavan välille. Tässä tutkimuksessa haastattelun ydin on kuitenkin saada selville kaikki se tieto, joka suunnittelijalla oli haastatteluhetkellä suunnittelemansa kohteen ominaisuuksien käytöstä. Siinä mielessä aineiston määrän laajuus ei ole oleellista vaan tärkeää on vähäinenkin ydintieto suunnittelijan tietoisista tavoitteista rakennusta suunniteltaessa.

Havaintojen ajantasaisuuteen pätee sama kuin haastatteluihinkin. Havaintojen avulla on tehty oma tulkinta luvussa 4. esitettyjen muodon ominaisuuksien esiintymisestä havaintokohteissa. Nämä eivät ole muuttuneet havaintohetken tilanteeseen verrattuna. Havainnoitavat kohteet on valittu esitutkimuksen avulla. Ensin on valittu jokaisesta puurakennejärjestelmästä esimerkkikohteita, jotka täyttävät yleiset kriteerit. Sen jälkeen on kustakin puurakennejärjestelmästä valittu yksi edustava kohde, jonka osalta on tehty varsinaiset havainnot, julkaistujen artikkelien analyysit tai haastattelut.

Suuret puurakennekohteet valittiin tutkimuskohteiksi seuraavien kriteerien pohjalta:

1. Oleellinen osa kohteen kantavasta rakenteesta on puuta. Puumateriaali on visuaalisesti näkyvissä sekä sisällä että ulkona siten, että se on arkkitehtonisessa ilmaisussa oleellinen materiaali.
2. Rakennus on suunniteltu urheilutarkoitukseen tai puurakenne esiintyy siten, että se voisi soveltua urheilurakennuksen rakenteeksi. Tällöin tulevat kysymykseen myös esimerkiksi erilaiset kokoontumistilat, kuten kirkot ja salit tai muut hallimaiset tilat ja katokset.
3. Jokaiselle tämän tutkimuksen luvussa 3. luokitellulle yhdeksälle puurakennejärjestelmälle valitaan havaintokohde, jonka ominaispiirteet ovat selvästi havaittavissa.
4. Kohde on esitelty jossakin puurakennuksia käsittelevässä julkaisussa tai arkkitehtuurin alan lehdessä, minkä perusteella sitä voidaan pitää arkkitehtonisesti tunnustettuna kohteena.
5. Arkkitehtonisen muodon ominaisuudet ovat selvästi havaittavissa tarkasteltavassa kohteessa. Käytännössä tämä tarkoittaa havainnoitsijan henkilökohtaista merkityssisällön koetavuutta, johon muun muassa Grönfors (1982, 101) viittaa havaintokohteiden valinnassa.

Näillä perusteilla valittujen kohteiden ominaisuuksia selvitettiin havaintojen, artikkelianalyysien ja teemahaastattelujen avulla. Haastateltaviksi pyrittiin löytämään rakennuksen suunnittelusta vastanneita henkilöitä, kuten arkkitehteja tai rakennesuunnittelijoita. Jos suunnittelijan haastattelu oli mahdollista järjestää, haastateltaville kerrottiin etukäteen haastattelun teema ja luonne. Haastattelutilanteessa oli mukana valokuvia tai piirroksia kohteesta, joiden avulla kysymyksiä voitiin täsmentää. Haastatteluihin varattiin aikaa 1,5–2 tuntia.

Niissä tapauksissa, joissa haastateltava oli liian kaukana tai muuten estynyt osallistumaan haastattelutilanteeseen, tehtiin haastattelu sähköpostitse tai kohderakennukseen perehdyttiin siitä julkaistun artikkelin avulla. Yhdeksän kohteen osalta neljässä tehtiin varsinainen haastattelu, yhden kohteen suunnittelijoita haastateltiin sähköpostitse ja kahteen kohteeseen perehdyttiin siitä julkaistujen tekstien avulla.

Artikkeleista tai haastattelujen avulla pyrittiin löytämään vastauksia seuraaviin kysymyksiin: Mistä rakennuksen suunnitteluidea syntyi? Mikä oli tilaohjelman ja toimintasisällön merkitys muodonannon kannalta? Oliko arkkitehtonisen ratkaisun taustalla jokin tekninen tai muodonantoon liittynyt oivallus, ja miten tekniset ratkaisut kyettiin sovittamaan ilmaisutavoitteiden kanssa? Millaiseen merkityssisällölliseen ilmaisuun suunnittelussa pyrittiin, ja miten muodon ominaisuuksia hyödynnettiin rakennuksen merkityssisällön esille tuomisessa?

Jatko- ja tarkentaviksi teemoiksi otettiin seuraavia kysymyksiä: Oliko merkityssisällön ja muodonannon suhde suunnitteluvaiheessa intuitiivista vai tiedostettua? Millainen oli rakennuksen suunnittelu- ja toteutusprosessi, miten prosessi kehittyi, miten puurakennejärjestelmä valittiin, kuinka paljon rakennesuunnittelija vaikutti valintaan ja kuinka hyvin muodonannon tavoite saavutettiin? Millaista uutta tietoa suunnitteluprosessin aikana saatiin puurakenteiden mahdollisuuksista ottaa huomioon muodonannon tavoitteita?

Seuraavaksi esitellään tarkastellut kohteet puurakennejärjestelmittäin sekä tiivistelmät artikkelianalyysien tai haastattelujen sisällöstä ja omakohtaisista havainnoista.

### **5.1. Tarkasteltavat kohteet**

Selvitykseen valitut suuret puurakennekohteet on tässä ryhmitelty puurakennejärjestelmitäin. Ensin kuvataan kunkin järjestelmän tyypillisiä ominaisuuksia ja sen jälkeen artikkelianalyysien, haastattelujen ja havainnointien avulla saatuja tuloksia rakennusten arkkitehtonisista ominaisuuksista ja merkityssisällöistä. Tavoite on konkretisoida ja täsmentää teoriaosuuden pohdintoja.

#### **Palkit ja pilarit, monitoimihalli, Villaz St. Pierre**

Ensimmäisenä havainnoitavana kohteena on palkkeihin ja pilareihin perustuvan puurakennejärjestelmän edustaja. Kirjallisuudessa esitettyjen kohteiden perusteella on pääteltävissä, että tällaisessa rakennuksessa kattorakenne muodostuu usein vallitsevaksi pinnaksi ja muodon ominaisuuksiin vahvasti vaikuttavaksi tekijäksi. Yleisesti esiintyy kaksi päätyyppiä, joista toisessa jännevälin ylittäminen toteutuu massiivisella palkilla ja toisessa rakenne muodostetaan jännitettyinä palkkina.

Tästä puurakennejärjestelmästä havainnoitavaksi kohteeksi valittiin monitoimihalli, joka sijaitsee pienessä Villaz St. Pierren kylässä Lounais-Sveitsissä. Sen ovat suunnitelleet arkkitehdit Graeme Mann ja Patricia Capua Mann, ja sen puurakenteiden rakennesuunnittelusta on vastannut Boss & assosies. Rakennus valmistui vuonna 2003. Sen kokonaisala on noin 1700 m<sup>2</sup>, ja kattorakenteen jänneväli on noin 23 metriä. Rakennukseen on tutustuttu joulukuussa 2004, ja arkkitehtien haastattelu on suoritettu Lausannessa lokakuussa 2005. Tutustumisen aikana on laadittu piirtämällä ja valokuvaamalla muistiinpanoja keskeisistä havainnoista.

Arkkitehtien mukaan jo rakennuksen suunnitteluvaiheen alussa kiteytyi arkkitehtoniseksi teemaksi ”ajatus kylän yhteisestä olohuoneesta” (Mann ja Capua Mann, haastattelu 2005). Koska hallia käytetään moniin tarkoituksiin, rakennuksen tuli arkkitehtien mukaan olla olemukseltaan yleispätevä ja palvella niin arki- kuin juhlatilanteita. Rakennuksen mittasuhteet määräytyivät tilaohjelman mukaisesti. ”Suorakaiteen muotoinen massa ja puuosat tuntuivat antavan mahdollisuuden eleettömän, olemukseltaan anonyymin muototeeman saavuttamiseen” (mt.). Rakennuksen massoittelessa ja muodonannossa ensisijaisena tavoitteena oli kohteen sovittaminen maisemaan eli ”vähäpuustoiseen rinteeseen sijoittuvan kylämaiseman huomioon ottaminen. ”Kylän tunnusomainen silhuetti ei saanut muuttua” (mt.).

Niitä suurmaiseman linjoja, joita kylämaisemassa esiintyy, pyrittiin tukemaan vaakasuuntaisella suorakulmaisella rakennusmassalla. Ulkoisesti rakennuksen muodon kokoonpanosta tuli särmikäs ja visuaalisesti **kovaksi** artikuloituva muoto. Pintojen itsenäisyys säilytettiin, ja ilmaisu on **kokoonpanoltaan tektoninen**. Rakennuksen hahmo muodostuu lineaariseksi ja säännölliseksi, jolloin ilmaisu on **tektonista ja toistuvaa**. Rakennuksen mittasuhteissa painottuu **horisontaalinen liike**. Julkisivut muodostuvat vaakasuuntaisesta, säleikkömaisesta lautarakenteesta. Julkisivupinnat artikuloituvat **rajaukseltaan epäesineelliseksi, osittain kevyiksi** ja tukevat kokonaissuhteen **horisontaalista liikettä**. Julkisivu muodostuu verho- maiseksi pinnaksi, joka sulkee rakennusmassan ja tilan sisäänsä.

Kattorakenteen muodon lähtökohtia on tukea rakennuksen ulkoarkkitehtuurin maisemallisia ja sisätilojen yleispätevyyden tavoitteita. Kattorakenne toisaalta ikään kuin leijuu ilmassa, toisaalta se on raskaanoloinen, millä on haluttu ”stabiloida sisätilan vaikutelmaa. Voimakasta pitkänomaista hallin muotoa haluttiin rauhoittaa verkkomaisella rakenteella. Toisaalta ken- nomainen säännönmukaisuus oli harmoniassa julkisivun ritilärakenteen kanssa”. (Mt.) Kattorakenteen liitosten piilottaminen puurakenteen sisään tuki ajatusta, että ”rakennusrunko muodostaa vain valoa läpäisevän verhon itse toiminnalle”. (mt.) Sama ajatus toistuu julkisi- vun ritilärakenteessa, jonka läpi on mahdollista nähdä ympäröivään maisemaan. ”Pimeällä rakennus haluttiin saada sykkimään valoa ulospäin” (mt.).

Sisätilassa päähuomio suuntautuu näkymään, joka avautuu alas muodoltaan horisontaali- seen laaksomaisemaan. Sisätilassa symmetrisyys suhteessa perustasoon saa aikaan **vaaka- suuntaisen, staattisen vaikutelman, joka tuo päätilaan visuaalista tasapainoa**. Tätä vai- kutelmaa tukee liitosten ja jäykistävien rakenteiden symmetrisyys. Sen sijaan kattorakenteen kokonaishahmo ja eriyttetyt pystypinnat saavat aikaan **perustasosta irtoavan visuaalisen vaikutelman**. Tätä muodon ominaisuutta tukevat pystypintojen aukotus ja luonnonvalo.

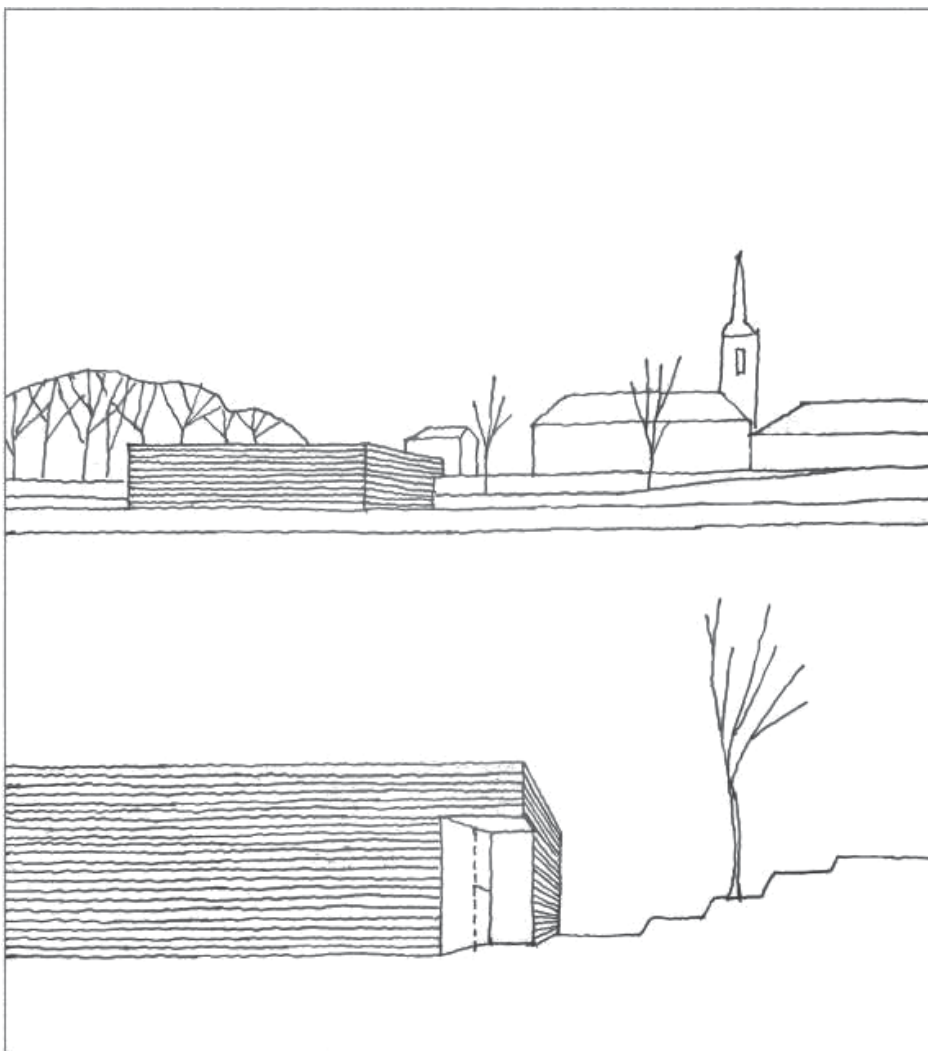
Kattorakenne muodostuu liimapuusta valmistetuista, tasossa kohtaavista palkeista. Kattora- kenteen kudos koostuu isoista, harvaan asetetuista osista, jotka ilmaisevat **raskautta, esi- neellisyyttä ja paksua pintaa**. Osien kohtaava asettelu poistaa vallitsevan visuaalisen lii- keen, joka artikuloituu **paikallaan pysymisenä**. Osien plastinen liitos ja teräksisten lii- tososien upottaminen puun sisään korostavat katon leijuvuutta ja puumateriaalin läsnäoloa. Kattorakenteen muoto on visuaalisesti selvästi havaittavissa, yksinkertainen ja **helppolu- kuinen**. Sen tekotapa on hyvin konstrukttiivinen, ja liitoksilla ja jäykistävillä rakenteilla ei ole omaa ilmaisuvoimaa. Muodon jatkuvuus on myös hyvin ennakoitavissa.



Kaikkiaan tämän sveitsiläisen, Villaz St. Pierren kylässä sijaitsevan monitoimihallin keskeiseksi muodon ominaisuudeksi nousee havaintojen ja haastattelun perusteella **särmikäs ja horisontaalinen muoto, jossa yhdistyy lineaarisista osista aikaansaatu plastinen kudos**. Rakennuksen puurakenteiden muodon suunnittelussa on arkkitehtonisen muodon ominaisuuksia käytetty monipuolisesti. Osaa ominaisuuksista on hallittu intuitiivisen osaamisen avulla, mutta eräiden ominaisuuksien käyttö on perustunut hyvin tietoihin valintoihin, joilla on tavoiteltu vahvaa arkkitehtonista ilmaisua. Tosin tässä rakennuksessa olisi nykyistä voimakkaampi ylävalon käyttö saattanut vielä vahvistaa kattorakenteen verhomaista ilmaisua. Ylävalo olisi voinut olla puoliläpäisevä, jolloin se ei kilpailisi liikaa sisätiloista avautuvan maiseman kanssa.



**Kuva 5.1.** Monitoimihallin sisääntulo. Rakennuksen muodon kokoonpano ja sisääntulon esittäminen artikuloituvat kovaksi ja tektoniseksi kokoonpanoksi. (Kuva: Eskolin 2005.)

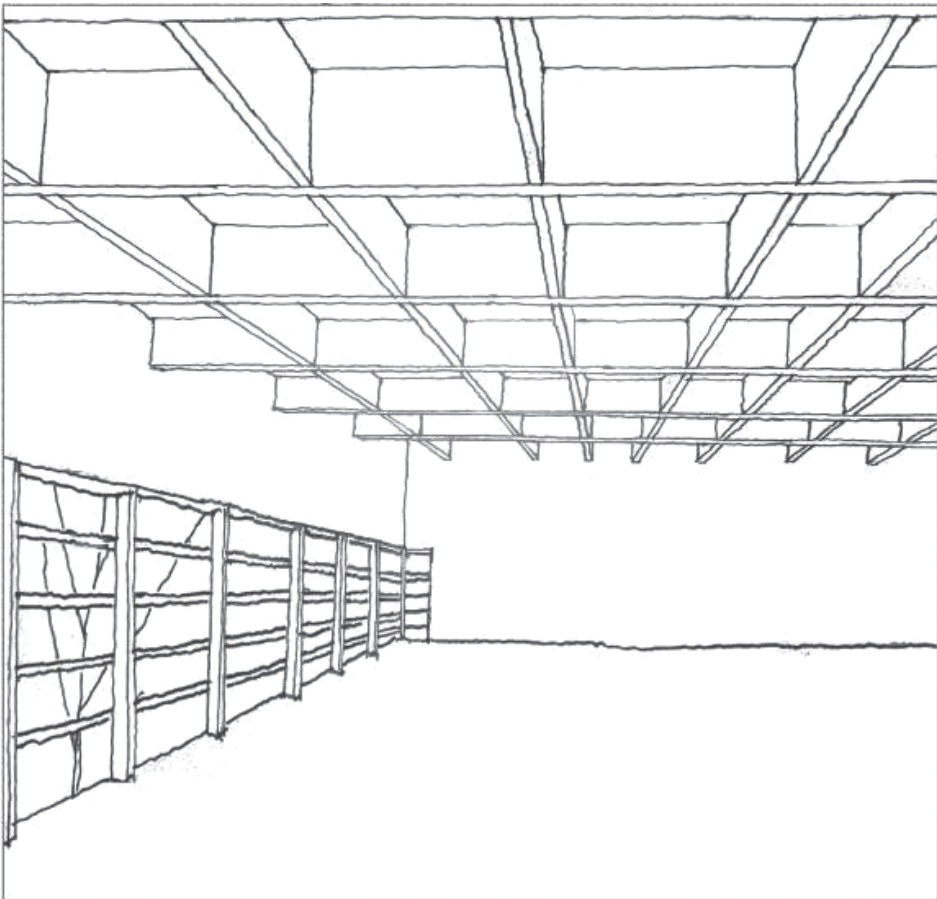


**Kuva 5.2.** Maisema, muoto ja avautuminen laaksoon. Kattorakennetta on hyödynnetty sääntulokatoksen muodostamisessa. Muodon hahmo on lineaarinen ja säännöllinen. Mittasuhteiltaan rakennus on horisontaalinen ja saa aikaan horisontaalista liikettä. Toisaalta muodon visuaalinen tasapaino saa aikaan staattisuutta ja sitovuutta perustasoon.

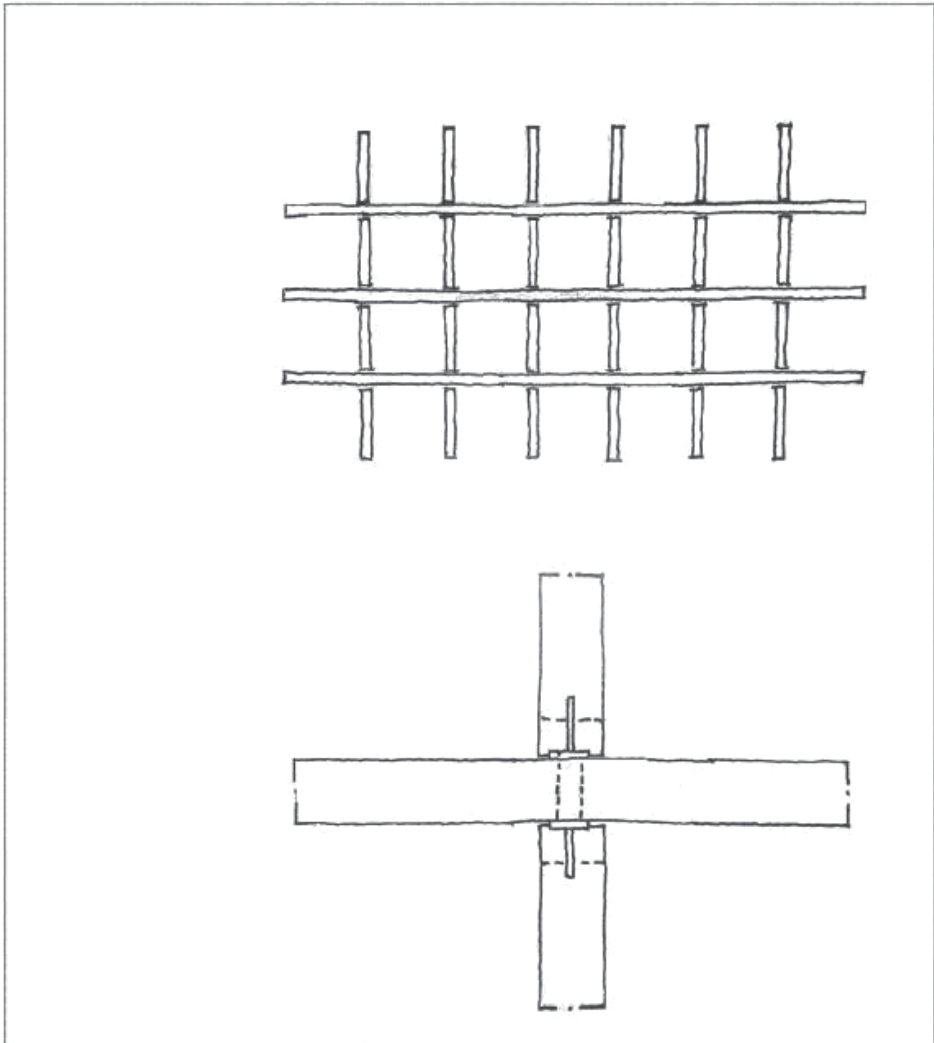




**Kuva 5.3.** Puu on vallitseva materiaali myös sisätilassa. Kattopinnan kudus on muodostunut isoista osista. Sitä voidaan luonnehtia paksuksi, mutta samalla se on kerrokseton. (Kuva: Eskolin 2005.)



**Kuva 5.4.** Kennorakenteen visuaalinen staattisuus. Pinnan osilla ei ole vallitsevaa suuntaa. Havaittavuudeltaan kattorakenne on hyvin konstruktivinen.



**Kuva 5.5.** Tasossa kohtaavat palkit yhdistyvät toisiinsa plastisesti. Osien harvaan asettelu tekee kattorakenteesta ison kennomaisen ja verkkomaisen esineen. Rakenne on muodoltaan tekotavasta kertova ja ennalta arvattava.

## Yhdistetyt palkit, leirikeskus, Mooreland

Puurakennejärjestelmälle, joka perustuu yhdistettyihin palkkeihin, on yleensä ominaista pinnan visuaalisen keveyden saavuttaminen. Yleisin kattomuoto näissä rakennuksissa on harjakatto, mutta muutkin kattomuodot ovat mahdollisia. Vetotankojen materiaalina käytetään yleisesti terästä, joka jättää puumateriaalin hallitsevaan asemaan kattopinnoissa.

Tätä järjestelmätyyppeä edustamaan valittiin Moorelandin leirin ruokailu- ja leirikeskus, joka sijaitsee Kawagamajärven rannalla Pohjois-Ontariossa. Rakennuksen ovat suunnitelleet Brigitte Shim ja Howard Sutcliffe, ja sen rakenteet on suunnitellut Dave Bowick, Blackwell Engineering -toimistosta. Kohde valmistui vuonna 2000. Sen liimapuusta ja teräsjäykisteistä muodostetut yhdistetyt palkit käsittävät noin 11 x 30 metrin laajuisen sisätilan. Rakennuksen arkkitehteja on tähän tutkimukseen haastateltu sähköpostitse toukokuussa 2005, ja havainnot muodon ominaisuuksista on tehty suunnittelijoiden toimittaman valokuva-aineiston perusteella. Saatua aineistoa on edelleen tutkittu piirtämällä keskeisiä havaintoja muistiinpanoiksi.

Maisema, joka rakennusta ympäröi, muodostuu järvistä, saarista ja niemenkärjistä. Ympäriällä on myös mäntymetsiä ja kallioita. Leiriä käyttävät kesäisin pääasiassa Toronton alueen lapset ja koululaiset, ja leirin on tarkoitus tuottaa käyttäjilleen erämaahenkisiä elämyksiä. Monitoiminen ruokailu- ja salirakennus on leirin ydin.

"Salin suunnittelussa erämaahenkisyys, leirielämä ja yhteisöllisyys ovat olleet keskeisiä inspiraatiolähteitä" (Shim ja Sutcliffe, haastattelu 2005). Telttateema on ohjannut myös puurakenteiden yksityiskohtaisempaa suunnittelua. Vastakohtana perinteiselle, suljetulle telttatiilan muodostukselle suunnittelijat ovat kuitenkin halunneet korostaa tilan avoimuutta ja yhteisöllistä luonnetta. "Rakennusvaipan läpinäkyvyys synnyttää voimakkaan sidoksen ympäröivään maisemaan ja hävittää sisätilan ja ulkotilan rajapintaa" (mt.). Rakennus hohtaa pimeässä ja vastaavasti ikään kuin valaisee itseään päivisin. Samalla puurakenteet muodostavat harsomaisen tilarajauksen, joka kokoaa toiminnan suojiinsa. Rakennuksen liimapuinen rakennejärjestelmä ja vetotangot symboloivat samaa "telttamaisten rakenteiden tekotapaa" (mt.).

Rungon muissa osissa on käytetty sahattua puutavaraa. Kattorakenteeseen liittyy myös uloke, joka kattaa ulkoverannan alueen. Katon harjalla on lyhtymäinen rakenne, johon liittyy samalla läpivirtaavan ilmanvaihdon kanava. Lattiatasot sisällä ja ulkona ovat vaneria. Ulkovooraus on käsittelemätöntä seetripuuta, jonka on tarkoitus antaa patinoitua ajan myötä.

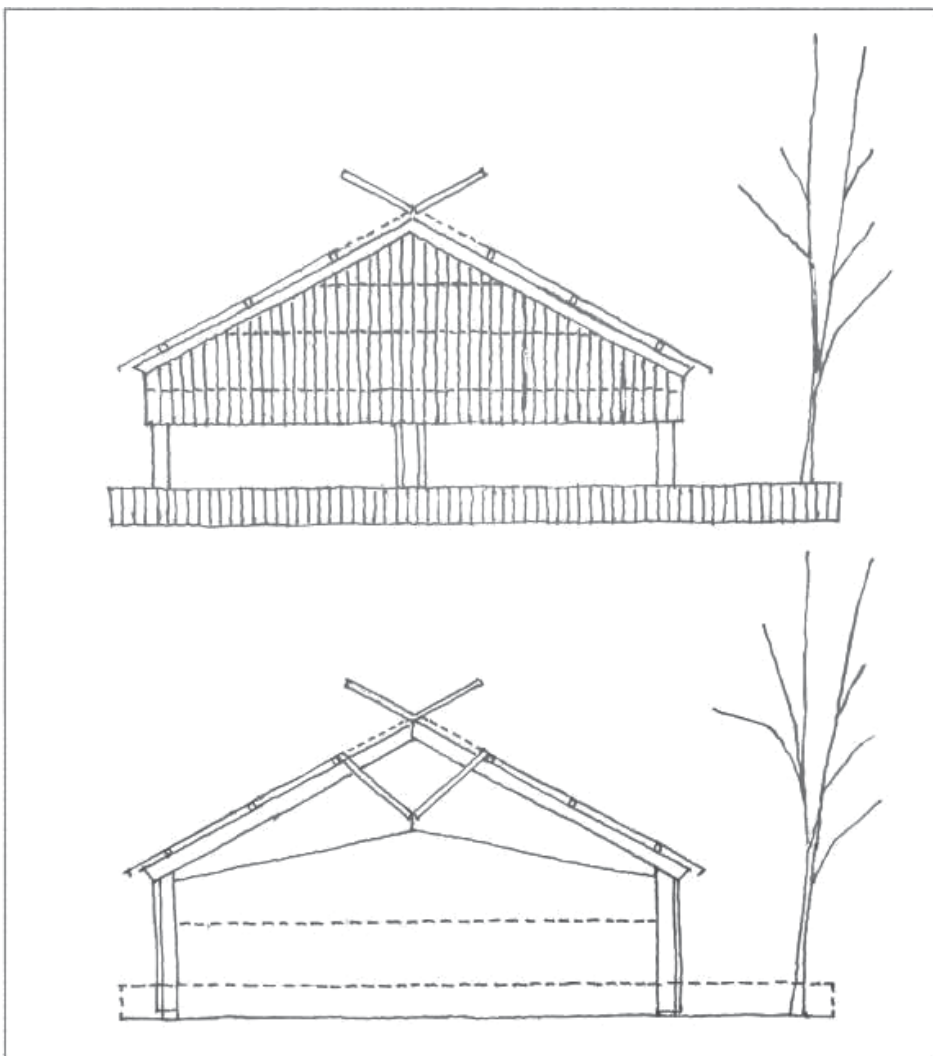
Kohderakennuksen massan kokoonpano on särmikäs ja artikuloituu **kovaksi muodoksi**. Pinnat muodostavat verhomaisen sulkeutuvan tilan. Ne säilyttävät itsenäisyytensä, jolloin muoto artikuloituu **tehtoniseksi kokoonpanoksi**. Muodon hahmo koostuu pystysuuntaisista ja kaltevista pinnoista, minkä takia sen **lineaarinen** luonne vahvistuu. Rakenteiden muodostama hahmo on **tehtoninen** ja säännöllisesti **toistuva**. Rakennusmassan muodon suhteet eivät ole voimakkaan korostuneita, joskin poikkileikkausmuodossa korostuu vahvimmin **horisontaalisuus** ja tietynlainen telttakatosmaisuus.

Pinnan kudos muodostuu pienidimensioista osista, joiden ansiosta pinta artikuloituu **visuaalisesti kevyeksi**. Toisaalta pinta rakentuu tiheään asetetuista osista, jotka rajaavat tilaa

voimakkaasti ja muodostavat **tasaisen, sileän kangasmaisen pinnan**. Kudos artikuloituu **epäesineelliseksi**, ja vaikutelmaa korostaa pintojen horisontaalinen ja dynaaminen liikesuunta. Puumateriaalin vaikutus on vallitseva, ja teräksiset vetotangot osaltaan korostavat ja **keventävät** visuaalista vaikutelmaa. Liitoksilla ja sekundaarirakenteella on merkittävä vaikutus pinnan kudokseen harjaliitoksen kohdalla, ja pinnan kudosmaisuuksa korostaa edelleen ylävalon vaikutus.

Suorista osista muodostettu, poikkileikkaukseltaan kolmiomainen muoto on varsin yleinen rakennetussa ympäristössä. Rakennuksen muodon tekotapa on visuaalisesti **kertova**, yksinkertainen ja konstruktiivinen. Rakennushahmon symmetrisyys suhteessa perustasoon saa aikaan vaakasuuntaisen, **staattisen ja tasapainoisen** vaikutelman, jota liitokset ja luonnonvalon aukotus osaltaan tukevat. Toisaalta rakenne on **visuaalisesti maantasosta irti**, mikä johtaa leijuvan, telttamaisen rakenteen vaikutelmaan.

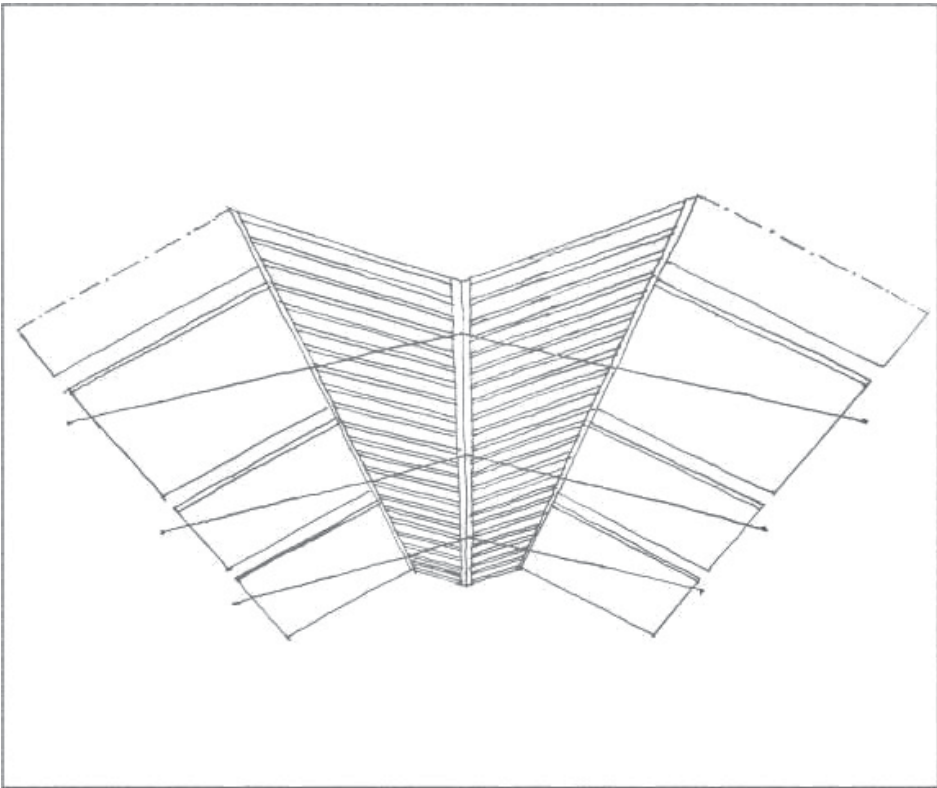
Moorelandin leirin ruokailu- ja leirirakennus edustaa siis yhdistetyille palkeille perustuvaa rakennejärjestelmää, jolle yleispiirteenä on mahdollisuus **pinnan visuaalisen keveyden** saavuttamiseen. Moorelandin leirirakennuksessa tämä näkyy muodon **tektonisessa**, ”telttmaisessa” ratkaisutavassa. Materiaalina puu tuo ”telttaan” turvallisuuden ja pysyvyyden tunteen. Arkkitehtoninen ilmaisu olisi nykyistään voimakkaampi, jos runkojakoa olisi tiennetty ja puuosien dimensioita siten pienennetty. Samalla olisi pinnan kudosmaisuuksa edelleen keventynyt ja tuonut lisää telttakangasmaista luonnetta visuaaliseen ilmaisuun.



**Kuva 5.6.** Moorelandin leirielämää (Dow ja Awad 2002). Näitä tavoitteita vastaamaan ja rakennuksen käyttötarkoitusta ilmaisemaan arkkitehdit ovat valinneet ”rakennusmassan, joka symboloi suurta puista telttaa” (mt.). Muodon kokoonpano on särmikäs ja kova. Muodon hahmo on lineaarinen ja säännöllinen.

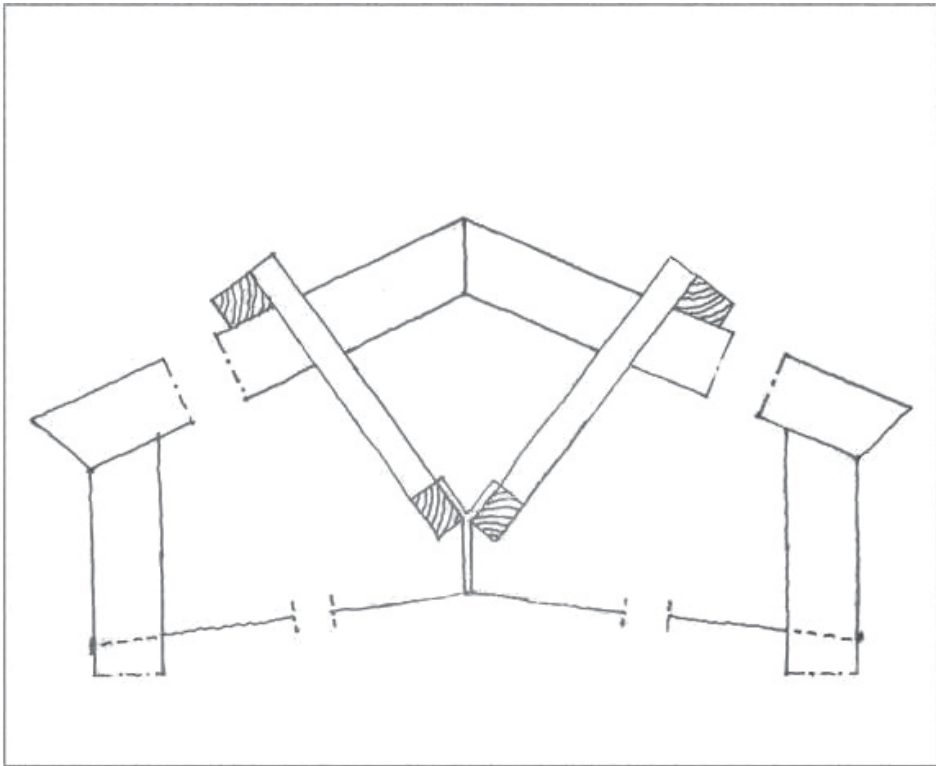


**Kuvat 5.7.** Suuri puinen telta ja palkkirakenteen visuaalinen keveys. (Kuva: Dow ja Awad 2002; Shim ja Sutcliffe 2005.) Mittasuhteiltaan rakennusmassa ja sisätila ovat melko tasasuhteisia ja visuaalisesti staattisia. Toisaalta ulokerakenne ulkotilassa saa aikaan visuaalisessa tasapainossa irtaantumisen perustasosta.



**Kuva 5.8.** Jäykistävän rakenteen harsomaisuus ja läpikuultavuus (The Arcitectural Review 2001/ december, 80). Yhdistettyjen palkkien edellyttämä vinotuenta on muodostunut tiheään asetetuista osista, mikä ensivaikutelmana vaikeuttaa rakenteen havaittavuutta. Tarkemmin perehdyttäessä rakenne on hyvin konstrukttiivinen ja yksinkertainen. Vinotuenta saa aikaan mielenkiintoisen, lyhtymäisen vaikutelman.





**Kuva 5.9.** Jäykistävät rakenteet ovat teräsvetotankoja, jotka edesauttavat telttamaista vaikutelmaa (Dow ja Awad 2002). Pinnan kudosis muodostuu sekä isoista, harvaan asetetuista osista että pienistä, tiheään asetetuista osista. Tämä yhdistelmä saa osaltaan aikaan suunnittelijoiden tavoittelemaa telttamaista merkitystä.

### **Sauvarakenteet, uimahalli, Sete**

Puurakenteisissa halleissa on sauvarakenteita sovellettu useinkin eri perusmuodon aikaansaamiseksi, mutta kirjallisuudessa esiintyvien kohteiden perusteella yleisin tapa on soveltaa sauvaa pilarirakenteen yhteydessä. Tällöin pilarista muodostuu keskeinen osa rakennuksen sisäarkkitehtuurin ilmaisua ja kattorakenteen merkitys jää vähäisempään asemaan kuin pilarin merkitys.

Tätä rakennejärjestelmätyyppiä edustamaan on valittu ranskalainen Seten kalastaja- ja lomakaupungissa Välimeren rannalla sijaitseva uimahalli, jonka ovat suunnitelleet arkkitehdit Carduer ja Coste ja jonka rakenteet ovat suunnitelleet J. Natterer ja M. Flach. Rakennus valmistui vuonna 1993. Sen laajuus on noin 3 000 m<sup>2</sup> ja jänneväli noin 26,5 metriä. Havainnot on suoritettu tutustumalla ja piirtämällä sekä valokuvaamalla rakennus lokakuussa 2005. Kohteen suunnitteluratkaisun analyysi perustuu omakohtaiseen tutustumiseen ja havaintoihin kohteessa.

Alueen vallitsevia maisemamuotoja ovat kaupungin keskelle kohoava rakentamaton kukkula sekä esteettömästi avautuva Välimeren sininen horisontti. Rakennuksen kaareva muoto suo-  
jaa sisältäitaita eteläaurinon suunnasta. Muuten näkyvyys ulos ympäristöön on esteetön.

Massan kokoonpano on särmätön ja artikuloi **pehmeää muotoa**. Pinnat poimuilevat eivätkä muodosta täysin sulkeutuvaa tilaa. Pintojen selvää vaihtumista on pyritty hävittämään, jolloin muoto artikuloituu **plastiseksi kokoonpanoksi**. Muodon suhteet ja suunta ovat painotuneet horisontaaliseen, poikkileikkauksen muodostamaan suuntaan, mikä saa aikaan **dynaamista liikesuuntaa**.

Rakenteen muodostaman pinnan kudoksen päähuomio kohdistuu kattopintaan, jossa osien pienet dimensiot artikuloituvat **visuaalisesti kevyeksi**. Osien esiintymistiheys artikuloituu kuitenkin melko **harvaksi pinnaksi**. Pinnan osat muodostavat **epätasaisen pinnan**, joka ei rajaa tilaa vain yhteen pintaan, vaan tilarajauksen saa aikaan vasta vaipparakenne. Pinnan osat tuottavat vallitsevan suunnan, joka toistuu poikkileikkauksessa ja voimistaa tilan ja massan suuntaa. Sekundaarirakenne osallistuu kudokseen, ja pituussuuntaiset jäykisteet ovat osa pinnan kudosta. Liitoksessa kudoksen osat muodostuvat jatkuviksi, jolloin **pinta artikuloituu plastiseksi**. Teräksiset liitososat on upotettu puun sisään.

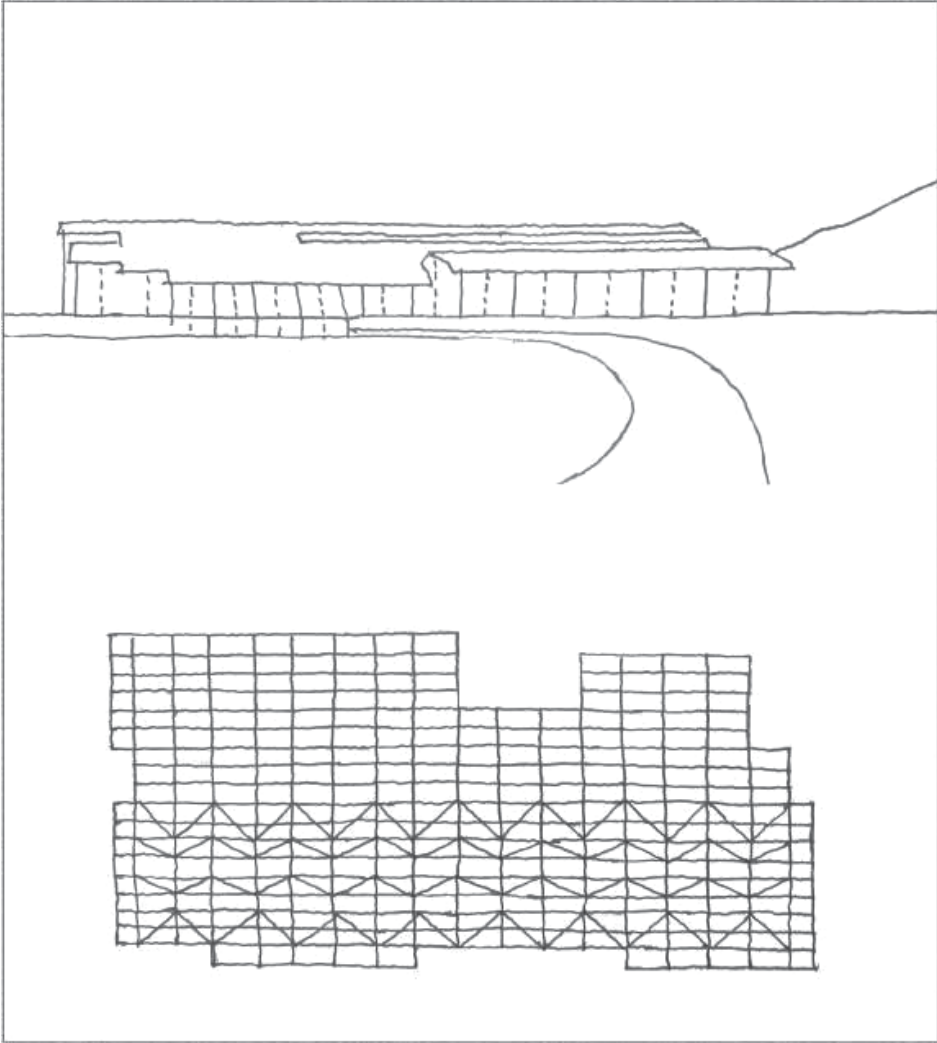
Muodon hahmossa pintojen yhdistelmä muodostuu samoin toistuvasta, kaarevasta pinnasta, jolloin massan **muoto identifioituu plastiseksi**. Poikkileikkaukseltaan epäsymmetrinen, kaareva ja poimuileva muoto identifioituu kuitenkin melko harvinaiseksi ja **ainutkertaiseksi** muodoksi rakennetussa ympäristössä. Muodon tekotavan havaittavuus rakentuu visuaalisesti monimutkaiseksi ja siten **piilottelevaksi**. Tekotavan rakentuminen on ilmaisultaan **arvaamaton**, visuaalisesti epäkonstruktiivinen, koska jäykistävien rakenteiden visuaalinen merkitys on hyvin voimakas. Liitos ei vaikuta tekotavan havaittavuuteen. Muodon jatkuvuus ei ole ennalta arvattavissa, vaan kaarevuus saa vaihtelevia muutoksia.

Epäsymmetrisuus suhteessa perustasoon saa aikaan **dynaamisuu den visuaalisessa tasapainossa**, jossa liitoksen epäsymmetrisuus tukee visuaalista dynaamisuutta. Myös jäykistävä rakenne osallistuu visuaaliseen dynaamisuuteen, jota luonnonvalo ja aukotus voimistavat. Rakenne on **visuaalisesti irti perustasosta** liitoksen, jäykistävän rakenteen ja luonnonvalon ansiosta.

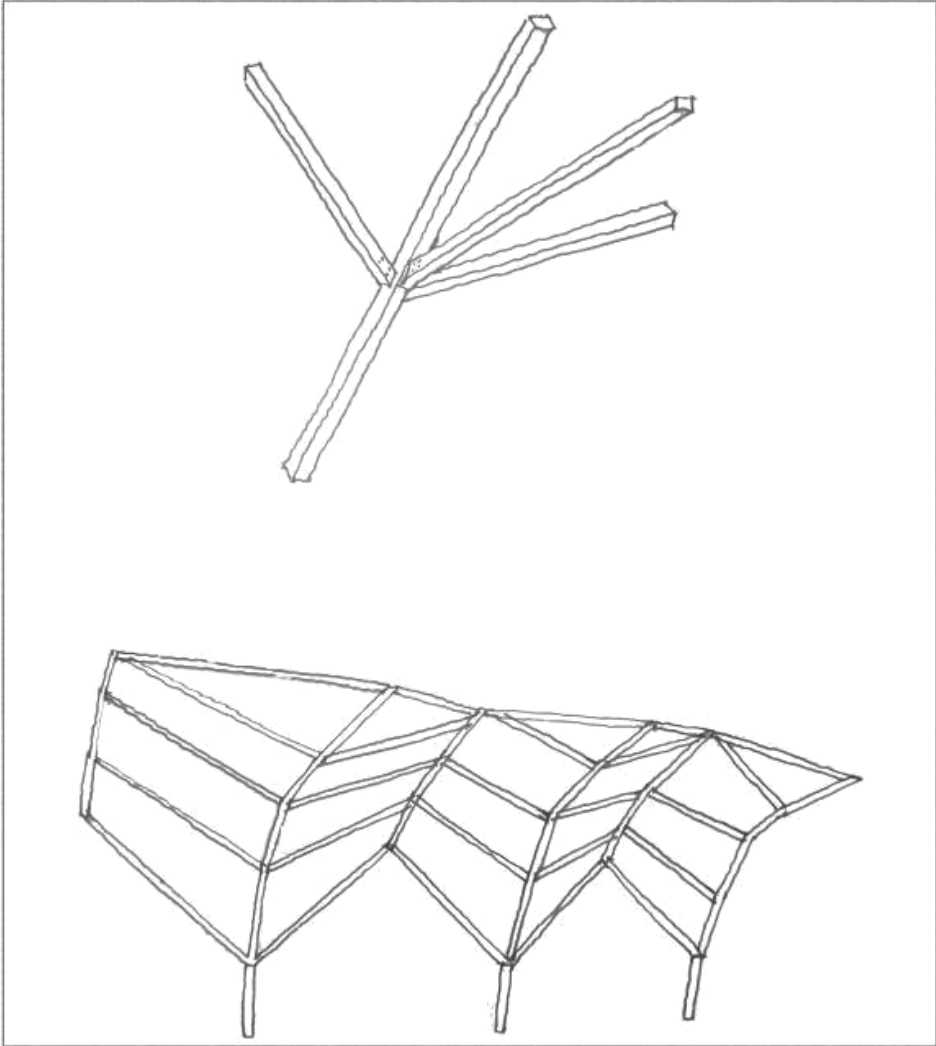
Kaikkiaan tässäkin kohteessa, kuten edellisessä Moorelandin leirirakennuksessa, rakenteen **osat ovat lineaarisia, paikoin jopa suurikokoisia ja tektonisia**. Siitä huolimatta tämän uimahallin hallitsevaksi piirteeksi tulevat pikemminkin **muodon plastisuus ja dynaamisuus**. Poikkeuksellista on myös se, että saunasysteemiä ei ole käytetty kimppumaisena muotona vaan kaarevana perusmuotona, mikä on osoitus eri puurakennejärjestelmiin liittyvästä monimuotoisuudesta, joka tarjoaa aineksia myös arkkitehtonisen ilmaisun moninaisuudelle. Toisaalta kohderakennuksen ulkoarkkitehtuurissa ei kaikkia puurakenteen ominaisuuksia ole kyetty hyödyntämään. Sen ulkoinen hahmo kyllä seuraa rakenteen kokonaismuotoa, mutta myös sisätilan ilmaisussa oleellista kattorakenteen pinnan kudosta olisi voitu hyödyntää ulkoarkkitehtuurissa nykyistä tietoisemmin ja laajemmin.



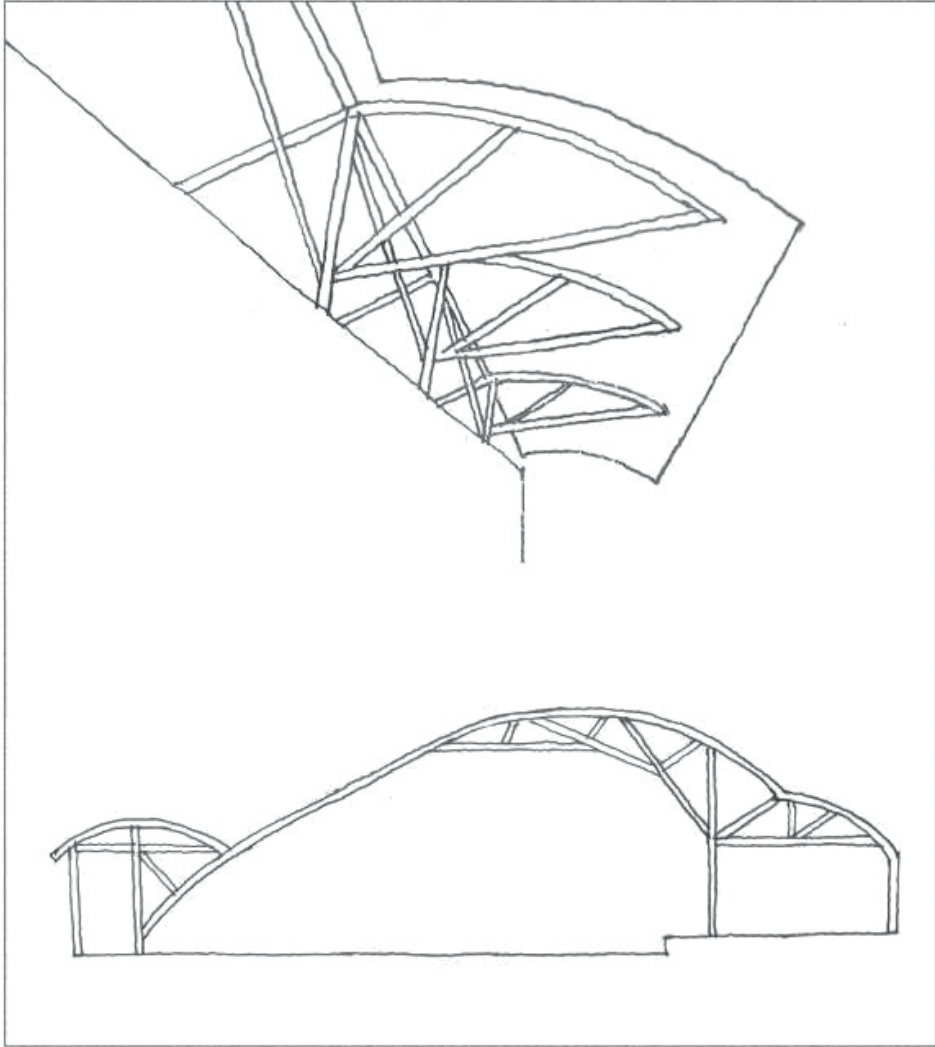
**Kuva 5.10.** Ulkoinen muodon kokoonpano on osittain särmätön ja pehmeä sekä osittain särmikäs, koska kattorakenne eriytyy visuaalisesti julkisivuista. Kokoonpanossa tapahtuu pintojen irttoaminen. Muodon hahmossa esiintyy lineaarisuutta ja kaarevuutta, jolloin muoto artikuloituu osittain plastiseksi ja osittain tektoniseksi. (Kuva: Eskolin 2005.)



**Kuva 5.11.** Kattorakenteen pehmeä kokoonpano. Kattorakenteen muodon epäsäännöllisyys tuottaa ainutkertaisuuden vaikutelman, vaikka rakenne sinänsä on hyvin säännöllinen. (Natterer 1994, 334.)



**Kuva 5.12.** Pinnan kudos muodostuu visuaalisesti kevyeksi. Kudos rakentuu pienistä, harvaan asetetuista osista. Osien suunnat vaihtelevat, mutta niistä muodostuva rakenne tuottaa vallitsevan suunnan. Rakenne kaartuu sisätilan päälle ja muodostaa suojaosan uimahallitilan.



**Kuva 5.13.** Sauvarakenteen muodostama kudos on osittain näkyvissä myös ulkotilassa. Rakenteen epäsymmetrisyys saa aikaan visuaalisessa tasapainossa dynaamisuutta suhteessa perustasoon.



**Kuva 5.14.** Hallitseva piirre on sisätilan rakenteen hahmon plastisuus. Muodon havaittavuus on osittain monimutkainen ja epäkonstruktiivinen, mikä saa aikaan arvaamattomuutta. (Kuva: Eskolin 2005.)

### **Ristikkorakenteet, Laajasalon kirkko, Helsinki**

Puuristikot kuuluvat yleisesti käytettyihin rakennejärjestelmiin. Pääpaino muodon ominaisuuksien ilmaisussa kohdistuu tällöin yleensä kattopintaan. Merkittävään asemaan tulevat poikkileikkausmuoto ja liitos. Valon liikkeitä ja ilmavuuden hyödyntäminen ovat käytettyjä tehokeinoja monissa arkkitehtonisesti onnistuneissa kohteissa. Vallitseva ja tunnusomainen muoto on vinosauvojen aikaansaama niin sanottu sahakuvio, jota tosin voidaan muuttaa esimerkiksi materiaalivaihdoksilla.

Havainnoitavaksi kohteeksi on valittu poikkeuksellisesti muu kuin liikuntarakennus eli Helsingin itäosassa sijaitseva Laajasalon kirkko, koska siinä ristikon ominaisuudet arkkitehtonisena ilmaisukeinona tulevat hyvin esille. Kirkon ovat suunnitelleet arkkitehdit Kari Järvinen ja Merja Nieminen, ja rakennesuunnittelijoina ovat olleet Jorma Puhto ja Raimo Salminen Magnus Malmberg -toimistosta. Kirkko valmistui vuonna 2003. Kohde sai Puuinfo Oy:n myöntämän vuoden 2004 puupalkinnon. Kirkkosalin laajuus noin 300 m<sup>2</sup> ja arinaa muistuttavan kattoristikon jänneväli on noin 15 metriä. Havainnot ja haastattelut on tehty syyskuussa 2005.

Kirkon muodon kokoonpano on särmikäs ja **kova**. Pinnat erottuvat selvästi omikseen, jolloin kokonaisuus artikuloituu **tektoniseksi kokoonpanoksi**. Rakennuksen muodon suhteet korostavat **vertikaalista** massaa ja tilaa.

”Ulkotilassa suorakulmainen muoto on tärkeä valinta, koska se merkitsee suomalaista modernin arkkitehtuurin perusmuotoa” (Järvinen, haastattelu 2005). Sisätilassa kattorakenteen arkkitehtuuri seuraa näitä tavoitteita. Niillä on pyritty ”ilmaisemaan optimismia, lohdutusta, asteittain kohottavaa tunnetta, joiden tehtävä on olla vastakohtia painostavalle ja raskaalle tunnetilalle. Puurakenteella on haettu ominaisuuksia, jotka ilmaisevat keveyttä, ilmavuutta sekä valoa läpäisevää leijuvaa rakennetta”. (Mt.) Kirkon kantavien rakenteiden yksityiskohdissa arkkitehdit ovat korostaneet ”pieniä dimensioita sekä tektonisia muotoja rakennusosissa ja liitoksissa” (mt.). Näin he ovat pyrkineet seuraamaan niitä arkkitehtonisen muodonannon yleisiä tavoitteita, joita esiintyi jo 1950-luvun suomalaisessa puuarkkitehtuurissa, kuten esimerkiksi Kaija ja Heikki Sirenin suunnittelemassa Otaniemen kappelissa.

Laajasalon kirkon kattorakenteen pinnan kudos rakentuu pienistä osista, jotka tuottavat **keveyden vaikutelman**, jota teräksiset diagonaalit osaltaan vahvistavat. Pinnan osien tiheä asettelu tuottaa lähes **epäesineellisen vaikutelman**. Toisaalta pinnan kudoksen liitokset muodostuvat epäjatkuvaiksi ja **artikuloituvat tektoniseksi**, jolloin pinta saa paksuutta ja **kerroksellisuutta**. Erityistä on, ettei kattopinnan kudoksella tunnu olevan vallitsevaa suuntaa, vaan jo seinäpinnoilta alkava **vertikaalisuus** yhdistyy kattopinnan läpinäkyvyyteen, osin myös luonnonvalon tehostamana. Sekundäärirakenteet täydentävät osaltaan kattopinnan kudosta.

Kirkon kantavan rakenteen hahmo muodostuu pystysuuntaisista ja ristikkäin asetetuista osista, jolloin muodossa korostuvat lineaarisuus ja **hahmon tektonisuus**. Kattorakenteen tehotapa on nähtävissä, joskin se hahmottuu visuaalisesti melko monimutkaiseksi ja piilottavaksi sekä epäkonstruktiiviseksi ja arvaamattomaksi. Liitokset ja jäykistävät rakenteet ovat osaltaan mukana havaittavuuden ilmaisussa. Kattorakenteen symmetrisyys rauhoittaa vaakasuuntaista liikesuuntaa. Sen sijaan pintojen erilainen kudos ja pilarien vertikaalisuuden korostuminen saavat aikaan vaikutelman kattorakenteen ”**leijuvuudesta**”, jota aukotus ja luonnonvalo osaltaan korostavat.

Arkkitehtonisia ilmaisutavoitteita konkretisoitiin rakennustekniseen muotoon, ja samalla erilaisia teknisiä vaihtoehtoja arvioitiin arkkitehtuurin näkökannalta (Puhto ja Salminen, haastattelu 2005). ”Lopullinen suunnitelma eteni vaihe vaiheelta. Rakennesuunnittelun ja arkkitehtonisten tavoitteiden yhteensovittaminen eteni niin sanotusti iterointimenetelmänä. Osa tavoitteista sai erilaisen tuloksen iterointiprosessin jälkeen” (mt.). Teknisten esteiden takia eräs arkkitehtoninen tavoite jäi saavuttamatta: ”Olisi haluttu korvata kaikki metalliliitokset puhtailla liimaliitoksilla. Tämä olisi kuitenkin johtanut rakenneteknisiin ratkaisuihin, joissa olisi menetetty rakenteiden keveyden ja ilmavuuden vaikutelma”. (Järvinen, haastattelu 2005.)

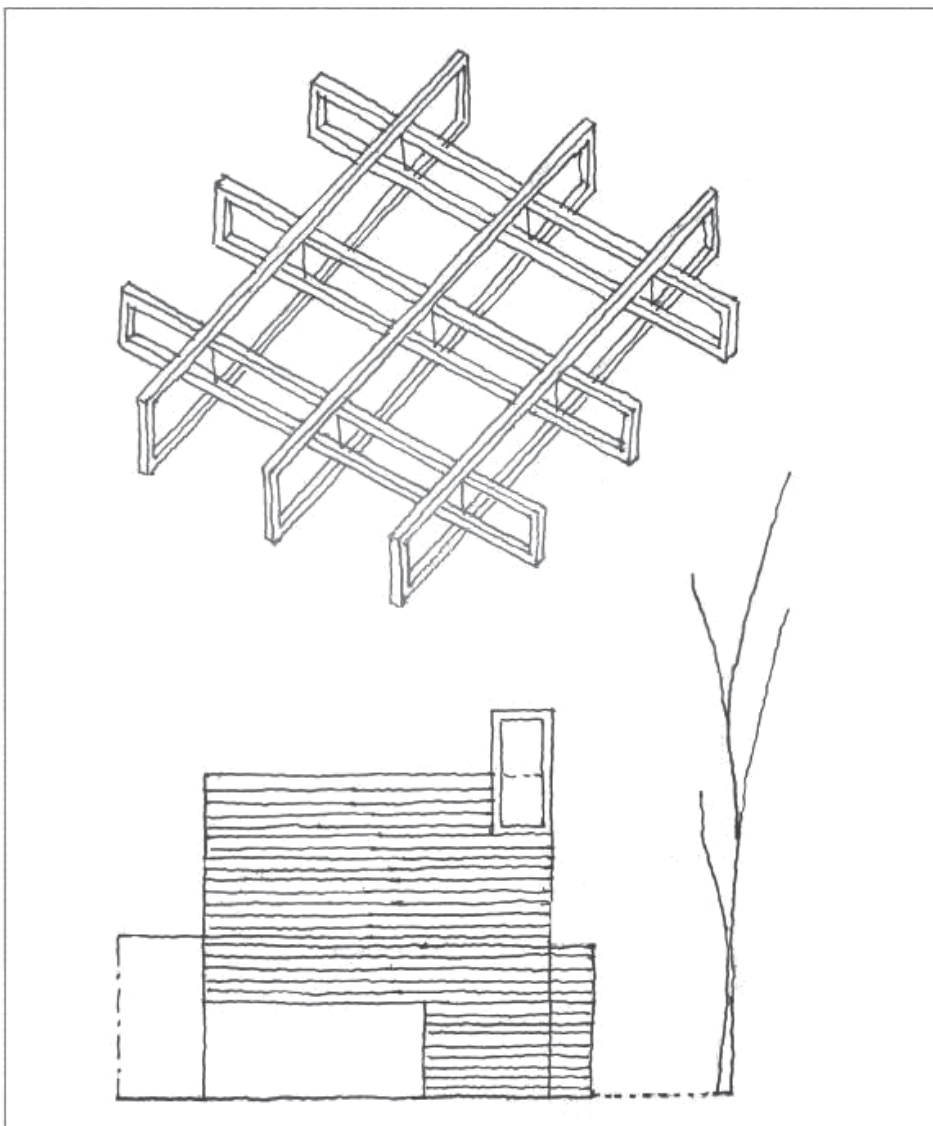
Laajasalon kirkon kirkkosalin sisäarkkitehtuurin keskeiseksi muodon ominaisuudeksi voi kyttyä **kattopinnan visuaalisen keveyden**. Tätä voimistavat pinnan osien tektoninen liitos sekä luonnonvalon hyödyntäminen. Puu on materiaalina saatu mukaan ilmaisuun, josta välittyy utuinen ja ilmava tunne.



Toisaalta kirkkosalin muodon ominaisuuksia on hyödynnetty ulkoarkkitehtuurissa vain kokonaishahmon avulla. Jo vähäinen viesti, kuten näköyhteys ulkoa puurakenteen pinnan kudoksesta, olisi tuonut lisää kertovuutta rakennuksen kantavasta rakenteesta, joka on tämän rakennuksen arkkitehtonisesti merkittävimpiä elementtejä. Ristikkona toimiva, arinaa muistuttava, kattorakenne on aikaansaatu jäykistävää rakennetta korostamalla. Tämä osoittaa, miten arkkitehtoniseen ilmaisuun voidaan vaikuttaa jo pelkästään muodon tekotavan havaittavuutta muuttamalla.



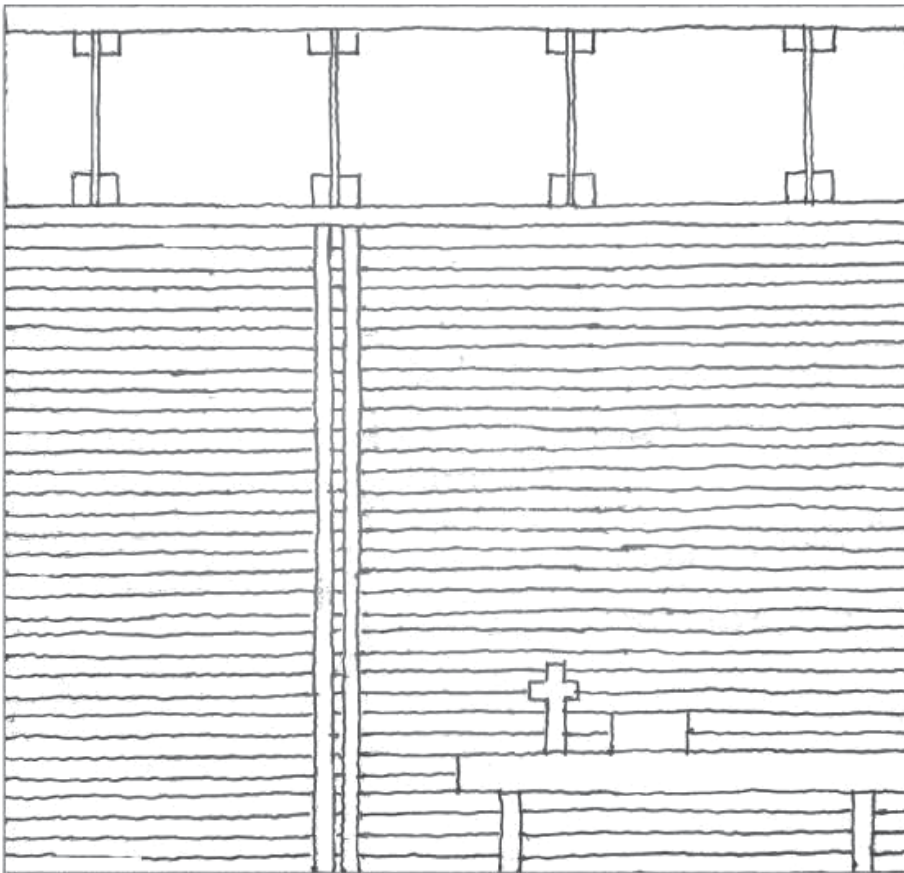
**Kuva 5.15.** Ulkoarkkitehtuurissa puurakenne ei ole aistittavissa. Muodon kokoonpano on särmikäs mutta seuraa kuitenkin sisätilan ja rakenteen muotoa. (Kuva: Eskolin 2005.)



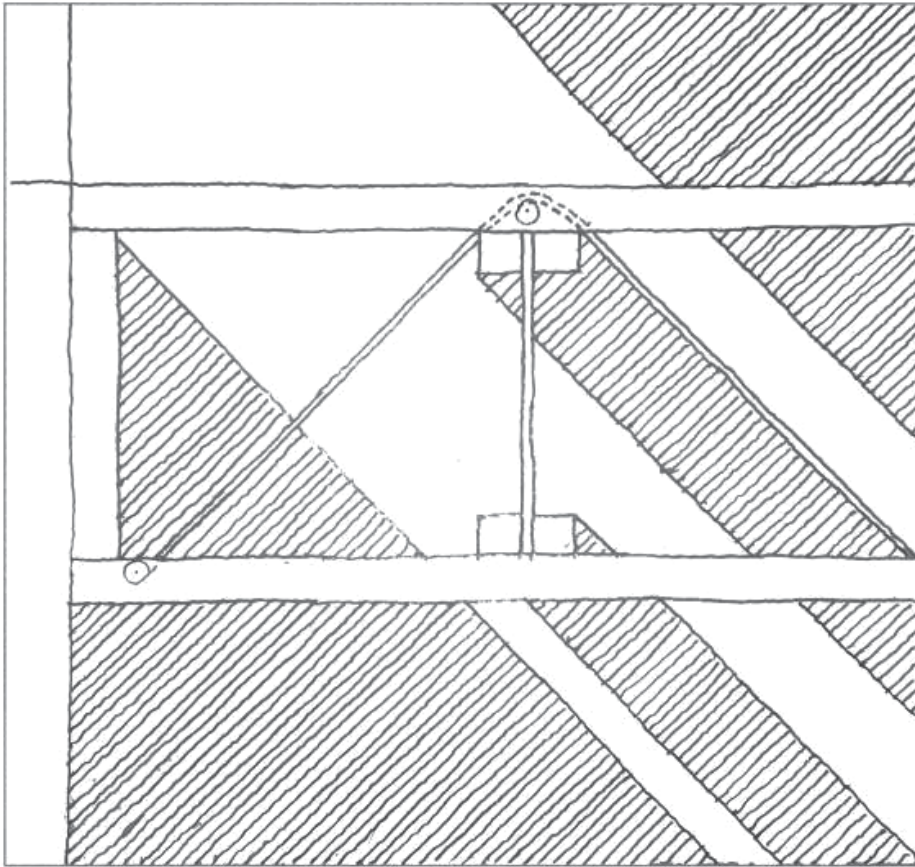
**Kuva 5.16.** Kattorakenne muodostuu pienistä melko tiheään asetetuista osista, mikä muodostaa kerroksellisen kudoksen. Ulkotilassa rakennusmassa on mittasuhteiltaan lievästi vertikaalinen ja saa aikaan ylöspäin suuntautuvaa visuaalista liikettä.



**Kuva 5.17.** Kattorakenteen visuaalista keveyttä korostaa ylhäältä tuleva valo. Kattorakenteen kudos on tektoninen, ja eri osasten kiinnittyminen toisiinsa on epäjatkovaa. (Kuva: Eskolin 2005).



**Kuva 5.18.** Pystyrakenteen osittainen näkyviin jättäminen sisätilassa korostaa muodon mitasuhteissa vertikaalisuutta ja visuaalisessa tasapainossa irti perustasosta pyrkivää muotoa.



**Kuva 5.19.** Kattorakenteen tehokeinona on epäkonstruktiivisuus. Liitokset ja jäykistävät rakenteet ovat mukana muodon artikuloinnissa. Pienistä osista muodostuu tektoninen ja kerroksellinen kudos.

#### **Kaarirakenteet ja kehärakenteet, monitoimihalli, Wholen**

Myös kaari- ja kehärakenteet ovat yleisesti käytettyjä suuren jännevälien puurakenteita. Niiden avulla luotavan arkkitehtonisen muodon tarkastelussa keskeinen on kattopinta, joka usein on samalla osa seinäpintaa. Kaarevat tai terävän särmikkäät kokonaismuodot ovat yleensä vallitsevia.

Havainnoitavaksi kohteeksi valittiin koulun monitoimisali keskisveitsiläisen Wholenin kaupungissa. Liikunta- ja monitoimisalin kattorakenteiden arkkitehtonisesta ja rakenteiden suunnittelusta on vastannut Santiago Calatrava, ja koulun ja salin muun arkkitehtisuunnittelun ovat tehneet arkkitehtiryhmä Burkhard, Mayer, Steiger ja Baden. Monitoimisali valmistui vuonna 1987. Tilan laajuus on noin 320 m<sup>2</sup>, ja salin kaarirakenteen jänneväli on noin 11 met-

riä. Havainnot on suoritettu joulukuussa 2004. Kohteen suunnitteluratkaisun analyysi perustuu omakohtaiseen tutustumiseen ja havaintoihin kohteessa.

Muodon kokoonpano ulkoarkkitehtuurissa on särmikäs ja **ilmaisee kovaa muotoa**. Pintojen itsenäisyys säilyy, jolloin kokonaismuoto artikuloituu **tektoniseksi kokoonpanoksi**. Muodon suhteet ja suunta muodostuvat poikkileikkauksessa **horisontaalisiksi ja dynaamisiksi**. Tätä korostaa kaarirakenteiden ulokemainen liittyminen pystyrunkoon. Kattorakenteen pinnan kudoks muodostuu pienistä osista, jolloin pinta artikuloituu **visuaalisesti kevyeksi**. Pinta rakentuu useasta ohuesta kerroksesta, joka muodostaa paksun pinnan. Pinnan osien tiheä, viuhkamainen asettelu aikaansaa kudoksessa **esineellisen rajauksen**.

Puumateriaali on vallitseva. Teräksiset liitososat on upotettu puu sisään. Kudoksen osat on liitetty toisiinsa jatkuvaksi, jolloin pinta muodostuu **plastiseksi ja pehmeäksi**. Pinnan osat muodostavat epätasaisen kudoksen, joka ei rajaa tilaa vain yhteen pintaan. Pinnan osat muodostavat vallitsevat suunnan, joka toistuu poikkileikkauksessa ja voimistaa tilan ja massan suuntaa. Sekundaarirakenne ja pituussuuntaiset jäykisteet ovat mukana kudoksen muodostumisessa. Rakenteen aikaansaama hahmo muodostuu samoin toistuvasta, kaarevasta pinnasta, joka identifioituu **kaarevaksi ja plastiseksi hahmoksi**. Suorista osista syntyvä viuhkamaisuus yhdistettynä ulokkeelliseen kaarirakenteeseen on melko harvinainen rakenne-tussa ympäristössä.

Muodon tekotavan havaittavuus rakentuu visuaalisesti **piilottavaksi**, monimutkaiseksi ja epäkonstruktiiiviseksi, sillä sekundaarirakenteiden visuaalinen painoarvo on hyvin voimakas. Liitos ei vaikuta tekotavan havaittavuuteen, kun taas jäykistävät rakenteet osallistuvat tekotavan havaittavuuteen. Symmetrisyys suhteessa perustasoon saa aikaan **vaakasuuntaisen staattisuuden** visuaalisessa tasapainossa. Rakenne on kuitenkin visuaalisesti **irti perustasosta** pintojen liitoksen, jäykistävän rakenteen ja luonnonvalon myötävaikuttamana.

Kaikkiaan salin merkittävin muototeema ovat **kattorakenteen hahmon ja kudoksen plastisuus sekä pinnan visuaalinen keveys**, jota valo voimistaa. Viuhkamaiset rakenteet tuovat mieleen puun pehmeuden, mikä osoittaa muodon ominaisuuden kykyä vaikuttaa myös tuntoaistimaiseen ilmaisuun. Rakennuksen ulkoarkkitehtuuri ei kuitenkaan ota kovin hyvin huomioon sisätilan herkkiä muoto-ominaisuuksia, vaikkakin yleensä seuraa kattorakenteen muotoa. Ulkoarkkitehtuurissa olisi kaivannut enemmän viittauksia kattorakenteen kudoksen ominaisuuksiin.

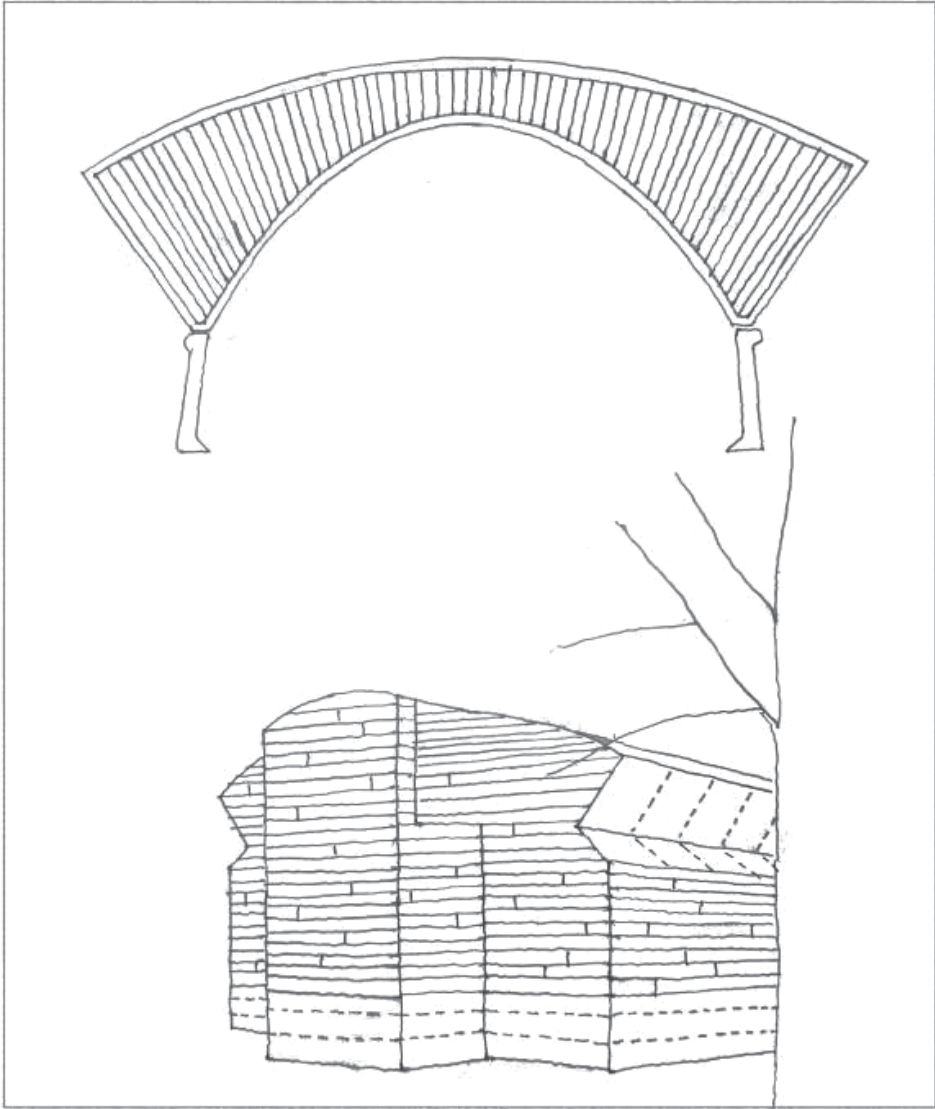




**Kuva 5.20.** Ulkoarkkitehtuurissa kokonaismuoto myötäilee rakennetta, mutta puurakenteen erityisyys ei tule esiin ulkotilassa. Muodon kokoonpano on särmikäs, ja kattopinta ja julkisivut erottuvat itsenäisiksi ja tektonisiksi. Muodon hahmo on osittain lineaarinen, osittain kaareva ja paikoittain epäsäännöllinen. Sisätilan rakennetta on vaikea havaita ulkotilassa, ja siinä mielessä ulkotilan muoto piilottaa rakenteen tekotavan. (Kuva: Eskolin 2004.)

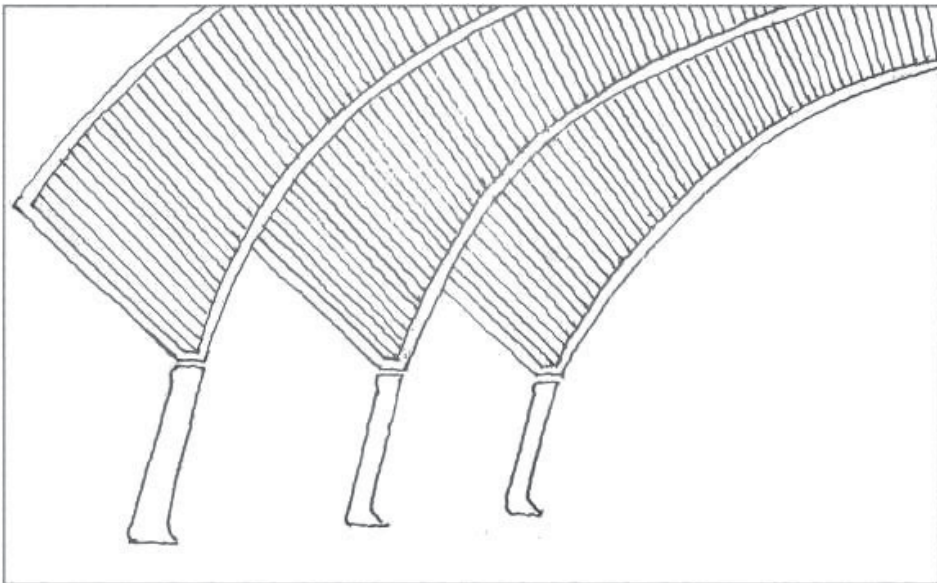


**Kuva 5.21.** Puurakenteen erityisyys tulee voimakkaasti esiin sisätilassa. Kaarirakenne ja sen pituussuuntainen jäykistys muodostuvat pinnan kudoksen pienistä ja tiheään asetetuista osista. Ilmaisu on kevyt ja plastinen. (Kuva: Eskolin 2004.)

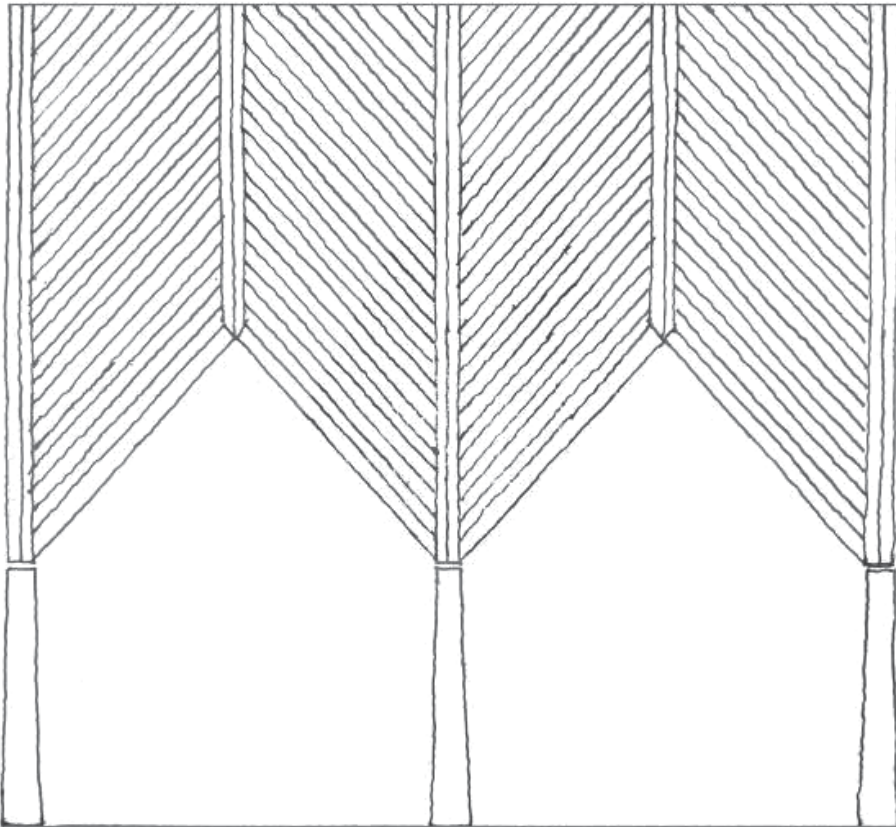


**Kuva 5.22.** Rakenteen kudus artikuloituu visuaalisesti kevyeksi ja symmetriseksi visuaalisessa tasapainossa. Muodon mittasuhteiltaan se on lievästi vertikaalinen, mikä saa aikaan visuaalista ylöspäin suuntautuvaa liiketilaa. Kattorakenteen kaarevuus näkyy vesikaton muodossa.





**Kuva 5.23.** Puinen kattorakenne liittyy betoniseen pilarijalkaan. Kaarirakenteiden liitokset liittyvät toisiinsa plastisen pehmeästi. Koko kaarirakenteiden muodostama joukko liittyy toisiinsa niin ikään melko epäitsenäisesti, joten rakennekokonaisuudesta muodostuu yksi iso kokonaisuus.



**Kuva 5.24.** Rakenteen hahmo muodostuu sisätilassa plastiseksi, vaikka kudos koostuu tektonisista osista. Jäykistävillä rakenteilla on keskeinen asema muodon havaittavuudessa. Te-  
kotapa on kertova.

#### **Avaruusristikot, monitoimihallin aula, Luterkofen**

Avaruusristikko on melko harvoin käytetty puurakennejärjestelmä. Sen tunnusomaisia piirteitä ovat rakennusosien säännöllisyys ja toistuvuus, perustasosta irti oleva vaikutelma ja rakenteen visuaalinen keveys.

Tässä tutkimuksessa avaruusristikoihin perustuvaa rakennusta edustaa monitoimihalli Luterkofenissa Länsi-Sveitsissä. Hallin on suunnitellut arkkitehti Antonio Schlup ja sen katon rakennejärjestelmän ja siihen liittyvät detaljit on suunnitellut rakennesuunnittelija Julius Natterer. Tässä keskitytään tarkastelemaan lähinnä rakennuksen sisääntuloaulaa, jonka laajuus on noin 200 m<sup>2</sup> ja jänneväli noin 10 metriä. Havainnot on tehty joulukuussa 2004, jolloin on haastateltu myös arkkitehtia.

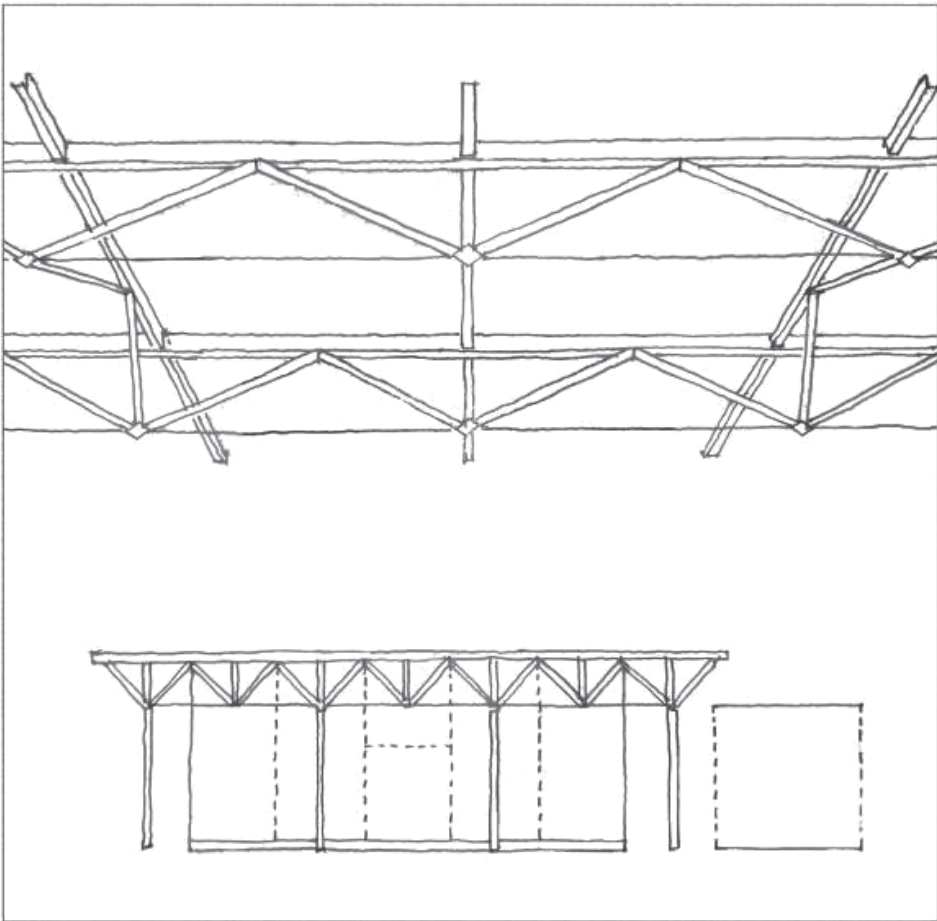
Arkkitehdin tehtävä oli pohjakaavioiden ja toiminnallisuuden suunnittelu. Varsinaisesti puurakenteiden esteettisestä suunnittelusta on vastannut rakennesuunnittelija. Kuitenkin suunnitteluprosessin aikana kiteytyi ajatus, ”että halli on kylän yhteinen kokoontumispaikka, ja siihen on puurakenteiden avulla synnytettävä erityisen rakennuksen vaikutelma. Rakennuksen suunnittelussa keskeisiä tavoitteita olivat myös paikallisen puumateriaalien hyväksikäyttö ja rakennusosien valmistus paikkakunnalla. Lähtökohtana olivat helposti työstettävät ja helposti liikuteltavat puuosat”. (Schlup, haastattelu 2004.)

Massan kokoonpano on särmikäs ja **artikuloi kovaa muotoa**. Kattopinnan ulokkeellisuus edistää avautuvan tilan muodostumista. Pintojen itsenäisyys artikuloituu **tektoniseksi kokoonpanoksi**. Muodon suhteet ja suunta korostavat **horisontaalista liikesuuntaa**. ”Rakennuksen laatikkomainen muoto poikkeaa kylän muista rakennuksista, jotka ovat perinteisiä harjakattoisia rakennuksia. Haluttiin korostaa erityistä käyttötarkoitusta. Monitoimihallin sisäänuloaulla toimii myös kokoontumissalina, jolloin käynti isoon halliin johdetaan toisaalta” (mt.). Kattopinnan kudos muodostuu pienistä osasista, jolloin **pinta muodostuu visuaalisesti kevyeksi**. Pinta rakentuu oikeastaan kahdesta ohuesta, tiheään asetetusta kerroksesta, mikä muodostaa **paksun kudoksen mutta ilmavan ja epäesineellisen rajauksen**.

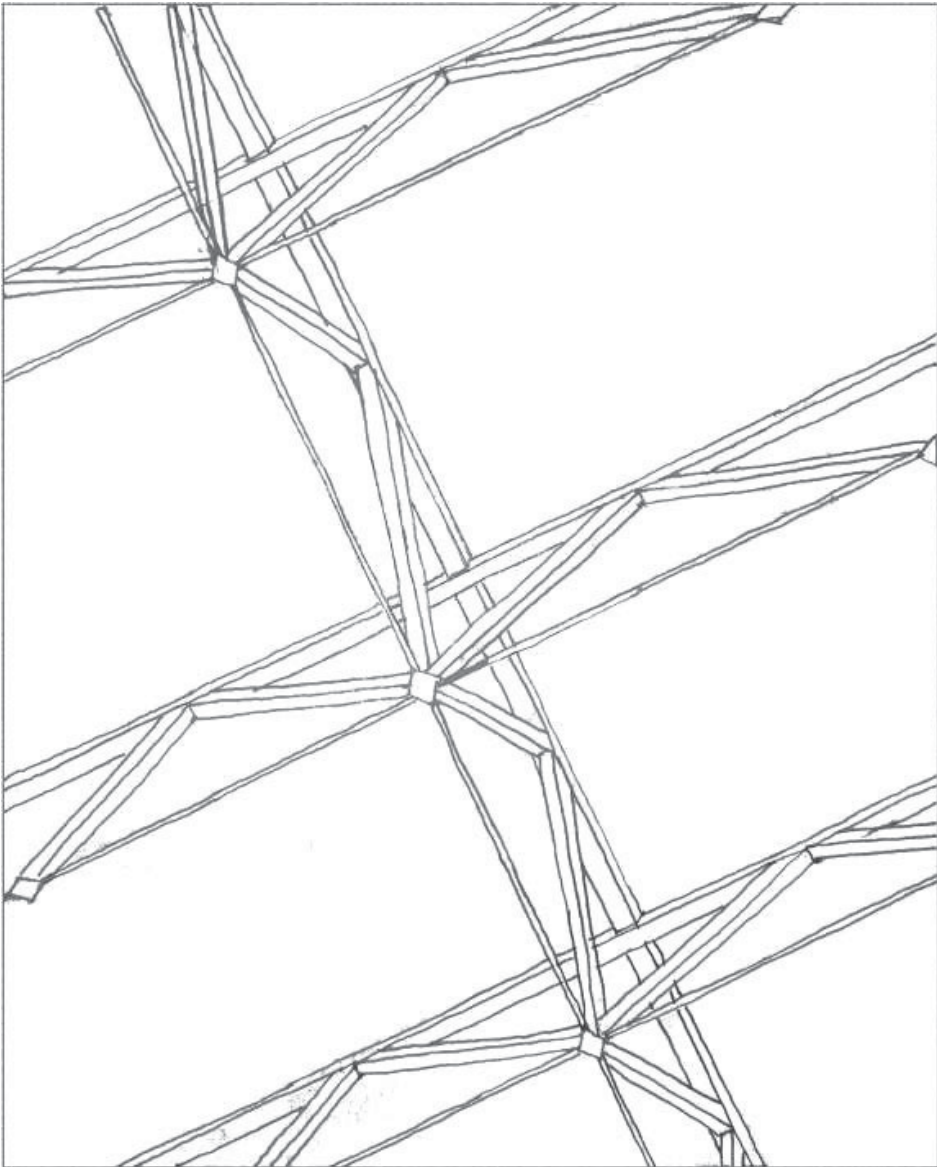
Kattopinnassa puumateriaalin vaikutus on vallitseva. Teräksiset vetotangot ovat dimensioiltaan alisteisessa asemassa, mutta saavat kuitenkin aikaan puurakenteen visuaalisen **epäkonstruktiivisuuden vaikutelman**. Kattopinnan osat muodostuvat itsenäisiksi, jolloin **pinta artikuloituu tektoniseksi**. Kudos muodostuu epätasaiseksi ja kovaksi, mikä ei rajaa tilaa vain yhteen pintaan. Pinnan osat eivät muodosta vallitsevaa suuntaa, joka toistuisi poikkileikkauksessa ja voimistaisi tilan ja massan suuntaa.

”Rakennesuunnittelija kehitti juuri tätä rakennusta varten mahdollisimman huomaamattomia vetotankojen liittymädetaljia, ja aluksi vaihtoehtoja oli useampia” (mt.). Muodon hahmo kattopinnassa korostuu ristiin asetetuista kattopinnan osista, jolloin massan muoto identifioituu **lineaariseksi ja avaruusverkkomaiseksi**. Tällainen kudos on melko harvinainen Suomessa ja länsieurooppalaisessa rakennetussa ympäristössä. Muodon ja tekotavan havaittavuus rakentuu visuaalisesti monimutkaiseksi ja **epäkonstruktiiviseksi**, koska vetotankojen visuaalinen painoarvo jää vähemmälle. Liitos ja jäykistävät rakenteet eivät vaikuta tekotavan havaittavuuteen ja muodon jatkuvuus on ennalta arvattavissa. Symmetrisyys suhteessa perustasoon saa aikaan vaakasuuntaisen **staattisuuden visuaalisessa tasapainossa**. Liitos ja jäykistävä rakenne sekä luonnonvalo ja aukotus osallistuvat **visuaaliseen staattisuuteen**. Rakenne on kuitenkin visuaalisesti **irti perustasosta** pintojen liitoksen, jäykistävän rakenteen ja luonnonvalon avulla.

Tämän rakennuksen arkkitehtonisen muodon ominaisuuksia tarkasteltaessa korostuvat voimakkaimmin aulan **kattorakenteen kudoksen liitosten tektonisuus, visuaalinen keveys ja pienet dimensiot**. Ohuet teräksiset vetotangot luovuttavat huomion vinotukien muodostamalle säännölliselle avaruusverkolle. Teräksen käyttö oikeastaan voimistaa puun materiaalista merkitystä kattorakenteessa. Rakenne jatkuu räystäään ulos ja antaa viitteen kattorakenteen arkkitehtuurista jo ulkotilassa.



**Kuva 5.25.** Monitoimihallin suorakulmainen muoto ja sisääntuloaula. Muodon kokoonpano on särmikäs ja tektoninen. Muodon hahmo on säännöllinen ja toistuva.



**Kuva 5.26.** Kattorakenteesta muodostuva kudos artikuloituu kevyeksi. Se rakentuu pienistä, tiheään asetetuista osista, jotka muodostavat epäesineellisen ilmaisuuden.

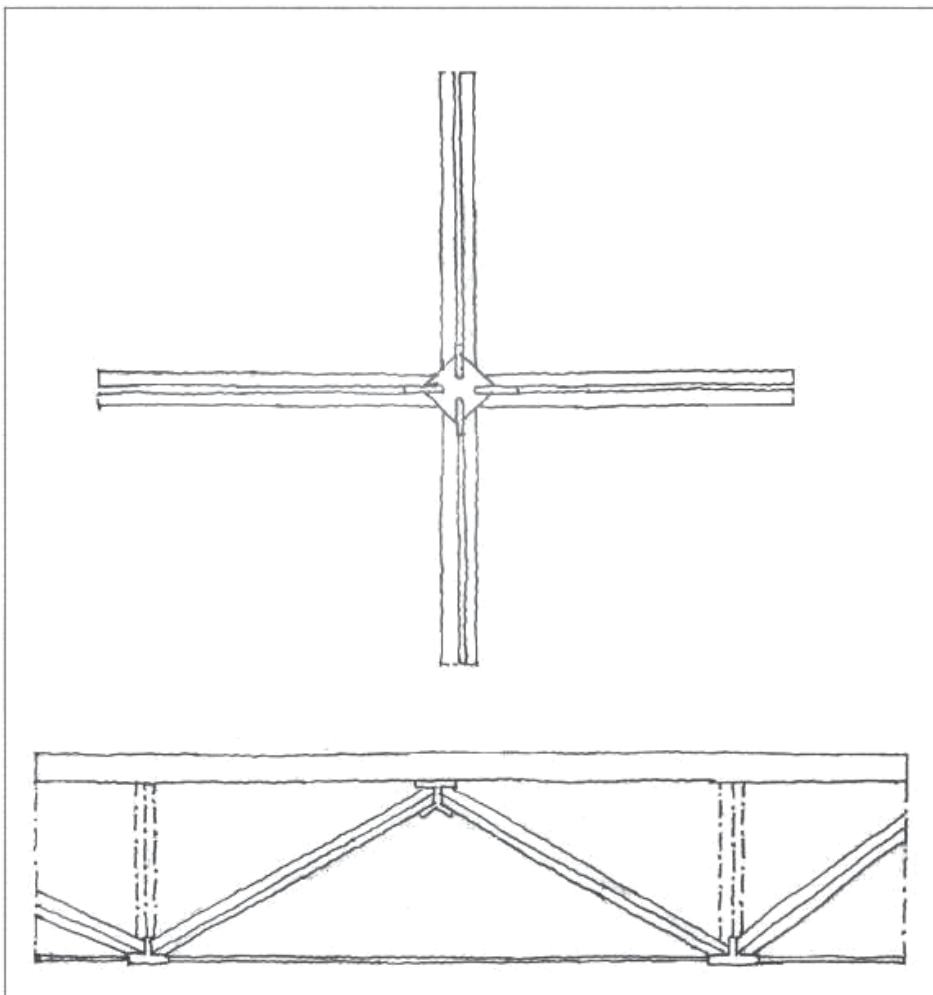


**Kuva 5.27.** Kattorakenne on visuaalisesti irti perustasosta. Se saa aikaan leijuvan mutta symmetriansa ansiosta paikallaan pysyvän vaikutelman. (Kuva: Eskolin 2005.)



**Kuva 5.28.** Kattorakenne jatkuu osittain ulkotilaan, joten muodon havaittavuus ja tekotapa on mahdollista nähdä myös ulkotilassa. (Kuva: Eskolin 2005.)





**Kuva 5.29.** Vetotankojen liitos. Rakenteen tektonisuus, keveys ja pienet dimensiot. Rakenne kertoo tekotavastaan mutta on staattisessa mielessä monimutkainen ja siksi epäkonstruktiivinen.

### **Kupolit, kirkko, Heilbronn-Sontheim**

Kupoli on melko harvoin käytetty puurakennejärjestelmä. Yleensä kupolia on käytetty suurien jännevälien areenoissa. Muodon tunnusomainen erityispiirre on ehdoton pyörähdyskappaleen symmetria. Poikkileikkauksen kaarevuussäde ja liittyminen perustasoon säätelevät kupolin visuaalista dynaamisuutta suhteessa perustasoon. Muutoin rakenne on hyvin staattinen perusilmaisultaan.

Analysoitavaksi kohteeksi valittiin kirkko ja seurakuntakeskus Heilbronn-Sontheimissa,

Stuttgartin pohjoispuolella, Etelä-Saksassa. Tämän kirkon ja seurakuntakeskuksen ovat suunnitelleet arkkitehdit Jelena Bozic ja Peter Cheret. Rakennesuunnittelijana on toiminut Rittich, Bornscheuer und Partner -toimistosta. Rakennus valmistui vuonna 1999. Kirkkosalin sisätilan laajuus on noin 200 m<sup>2</sup> ja kupolirakenteen jänneväli on noin 12 metriä. Havainnot ja arkkitehtien haastattelu on tehty lokakuussa 2005.

Kirkko ja seurakuntakeskus muodostavat korttelin laajuisen kokonaisuuden, joka sisältää seurakuntatiloja, toimistoja ja niiden oheistiloja sekä itse kirkkosalin. Kirkkosali sijaitsee rakennuskokonaisuuden keskellä ja on massaltaan muita osia korkeampi. Ulkoarkkitehtuuriltaan kirkko ja seurakuntarakennus koostuvat useista toisiinsa limittyvistä suorakaiteen muotoisista massoista. Kirkkosaliin on suora pääsy sisäpihalta. Arkkitehtien mukaan suora-kaide valittiin rakennuksen ulkomuodoksi siksi, että ”kohde sijoittuu tiiviiseen kaupunkirakenteeseen, jossa eri rakennustyylien disharmonia kaipasi kaupunkikuvallisesti eheyttävää massoittelua ja muodonantoa” (Bozic ja Cheret, haastattelu 2005).

”Tästä tavoitteesta haluttiin pitää kiinni myös kirkkosalin ulkoisen hahmon osalta, vaikka sisätila ja puurakennearjestelmä edustavatkin kupolin muotoa” (mt.). Kreikkalaiskatolinen kirkko rakennettiin Itä-Euroopasta Saksaan muuttaneiden ihmisten käyttöön. ”Tuntui luonnolliselta kunnioittaa tämän kulttuurin ja uskonnon perinnettä, jossa kupolirakenteella on keskeinen asema. Rakennearjestelmän perusmuoto on muistuma kotimaasta, mutta toisaalta haluttiin soveltaa modernia arkkitehtuuria ja modernia puurakennustekniikkaa” (mt.).

Massan kokoonpano on ulkotilassa särmikäs ja **artikuloi kovaa muotoa**. Sisätilassa kattorakenne muodostaa sulkeutuvan tilan, jolloin pinta ei vaihdu liitoksessa ja muoto **artikuloituu plastiseksi kokoonpanoksi**. Muodon suhteet ja suunta ovat **vertikaalisia, jolloin muodon liikesuunta on dynaaminen**. Kattopinnan kudoksesta muodostuu suurista dimensioista, jolloin pinta artikuloituu **visuaalisesti raskaaksi**. Kudoksesta muodostuu yhdestä kerroksesta, mikä tekee siitä paksun. Kattopinnan osat muodostavat tiheän asettelun, **epäesineellisen rajauksen**, epätasaisen ja kennomaisen sekä läpinäkyvän kudoksen. Kudoksessa osat muodostuvat epäitsenäisiksi, jolloin se artikuloituu **plastiseksi**. Plastisuutta korostavat puun sisällä piilossa olevat teräksiset liitososat, jolloin puumateriaalin vaikutus on hallitseva. Sekundaarirakenne on mukana kudoksessa, ja kattopinnan osat muodostavat monisärmäisen kudoksen, jolloin katto artikuloituu **plastisen pehmeäksi pinnaksi**.

”Tähän lähtökohtaan eri vaihtoehtojen jälkeen tuntui sopivan viilupuusta valmistettu kennomainen kupolirakenne. Kennoratkaisu salli modernille arkkitehtuurille tyypillisen ylävalon hyödyntämisen. Valo antaa mittasuhteet visuaalisesti melko raskaille rakennusosille. Tavoitteena oli artikuloida vakautta ja pysyvyyttä” (mt.).

Muodon hahmossa korostuu pyörähdyskappaleen muodostama pinta, jolloin muoto identifioiduu radiaaliseksi, keskitetyksi ja puolipallon muotoiseksi. Tällainen muoto on melko harvinainen länsieurooppalaisessa rakennetussa ympäristössä. Muodon tekotavan havaittavuus rakentuu visuaalisesti yksinkertaiseksi. Tekotavan rakentuminen on **visuaalisesti konstruktivinen**, ja siinä liitos ja jäykistävät rakenteet ovat mukana.

Symmetrisyys suhteessa perustasoon saa aikaan horisontaalisen **staattisuuden visuaalisessa tasapainossa**, jota tukevat liitos ja jäykistävä rakenne sekä luonnonvalo ja aukotus. Rakenne on kuitenkin visuaalisesti **irti perustasosta** pinnan vaihtumisen ja -liitoksen sekä

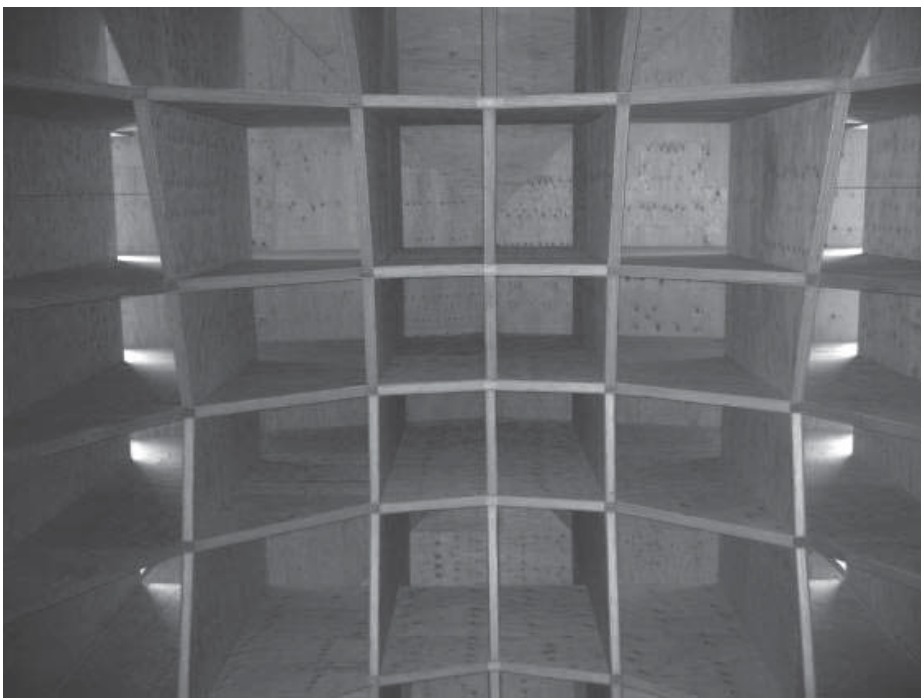


luonnonvalon avulla.

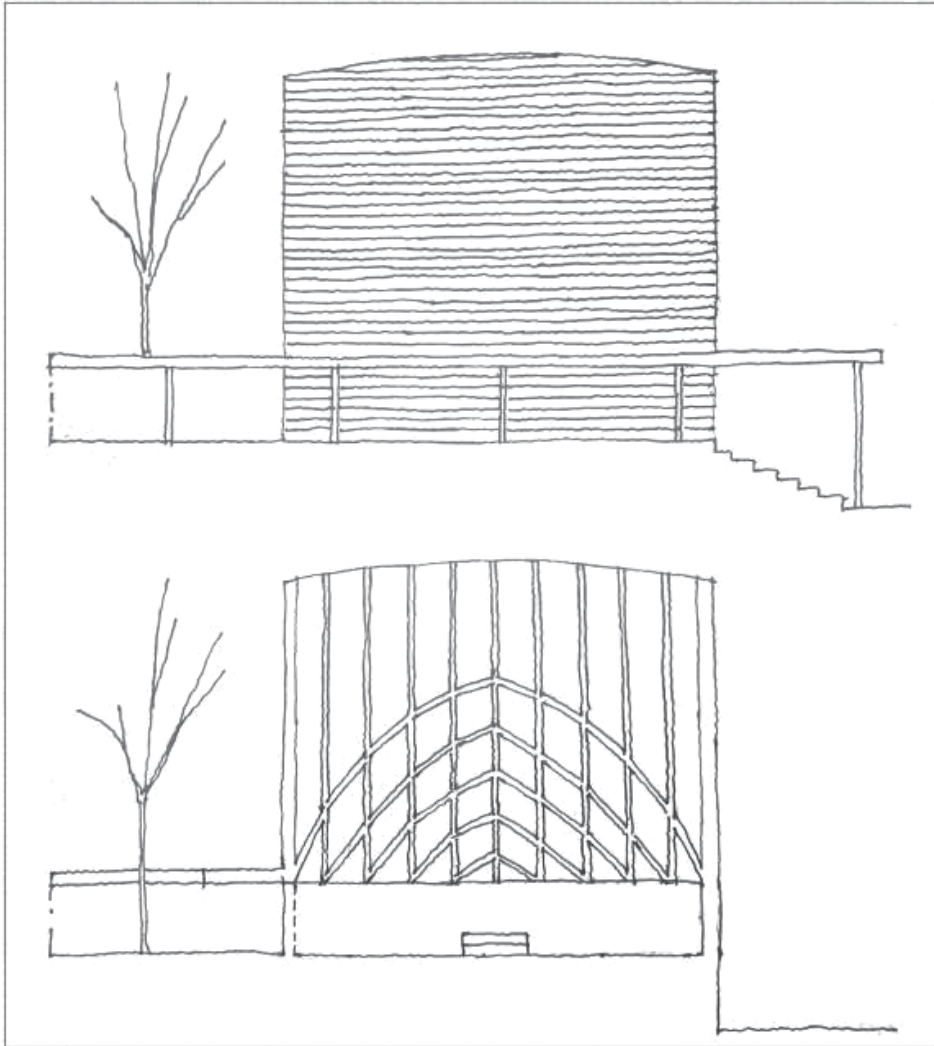
Kaikkiaan kirkkosalin keskeiseksi muoto-ominaisuudeksi piirtyvät sisätilan kudoksen **plastisuus ja visuaalinen raskaus**. Luonnonvalon ja kennorakenteen avulla kattorakenne on onnistuttu saamaan **visuaalisesti leijuvaksi, irti perustasosta olevaksi**. Rakenteen kennomainen kudosis on voinut olla hienovaraisesti jo näkyvissä ulkoarkkitehtuurissa eikä silti olisi vienyt ideaa yllätykseltä. Esimerkiksi osittain läpinäkyvällä vaipparakenteella olisi samalla voimistettu rakennuskompleksin keskeisintä tilaa, jolla on yhteys sekä perinteiseen kreikkalaiskatoliseen arkkitehtuuriin että tämän päivän arkkitehtuurin tehokeinoihin.



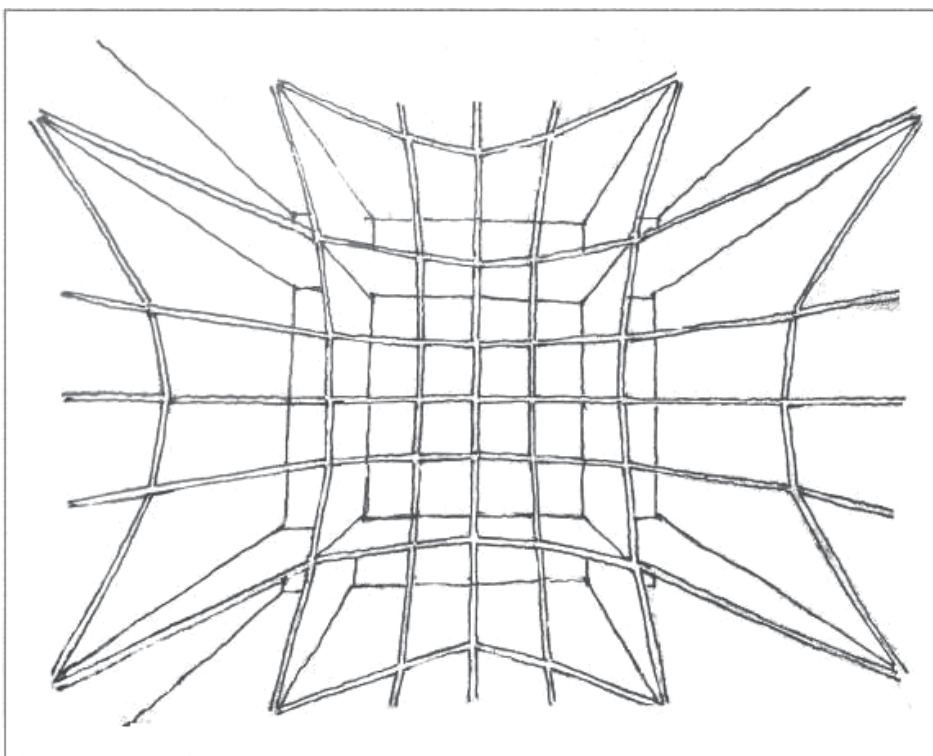
**Kuva 5.30.** Rakenteen ulkomuoto on aistittavissa ulkotilassa. Rakenteen erityisyys ei ole havaittavissa ulkotilassa. Muodon kokoonpano ulkotilassa on särmikäs ja hahmo tektoninen. (Kuva: Eskolin 2005.)



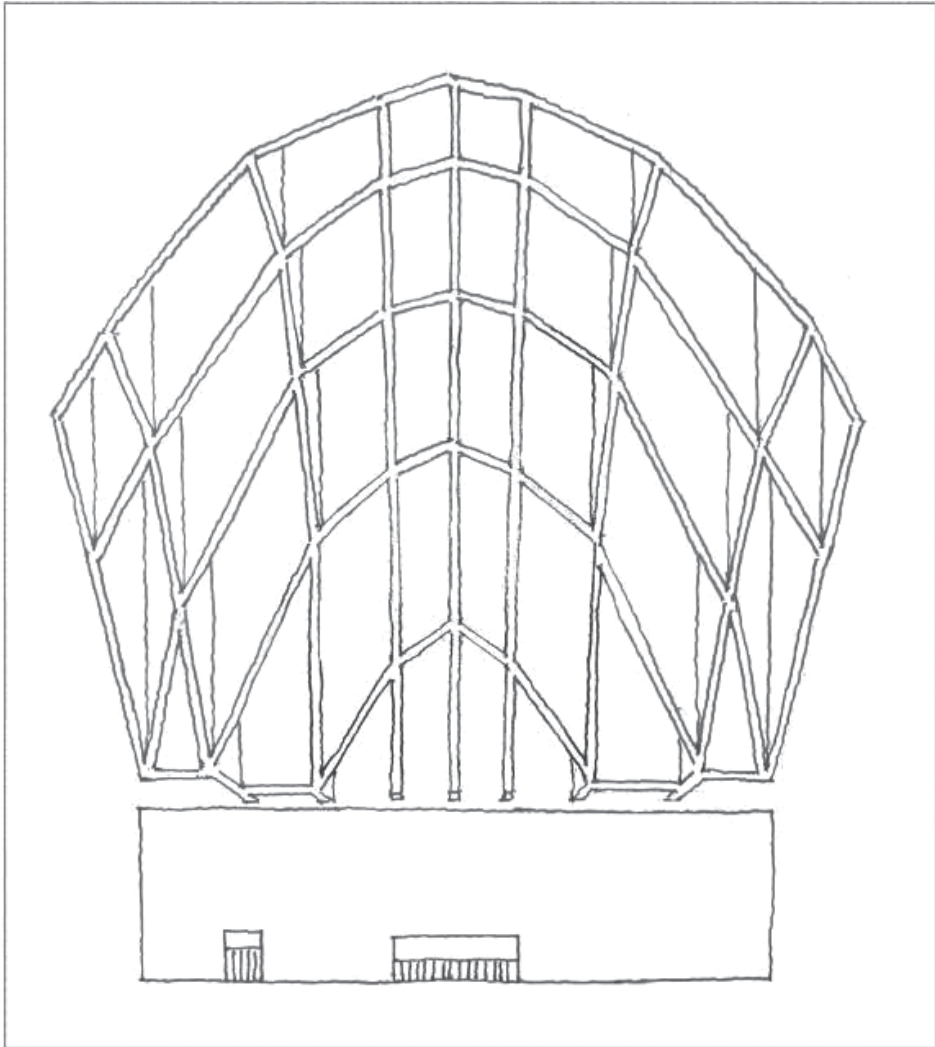
**Kuva 5.31.** Rakenteen erityisyys on hallitseva piirre sisäarkkitehtuurissa. Rakenteen isot osat kiinnittyvät toisiinsa epäitsenäisesti ja plastisesti, joten rakenteen kokonaisuus on epäesineellinen. (Kuva: Eskolin 2005.)



**Kuva 5.32.** Kirkko- ja seurakuntakeskuksen suorakulmainen ulkoinen muoto (Eskolin 2005). Kirkkosalin ulkomuoto on suorakaide, ja sisämuoto on kupoli (Bauen mit Holz 1999/2, 1, 8-12).



**Kuva 5.33.** Kupolin muoto sulkee sisätilan. Rakenne on irti perustasosta ja saa aikaan visuaalista leijuvaa, ylöspäin suuntautuvaa liikettä.



**Kuva 5.34.** Kudoksen plastisuus, isot dimensiot, kennomaisuus ja läpinäkyvyys saavat aikaan visuaalisen raskauden.

## Kuori ja taiterakenteet, baseball-areena, Odate

Kuori- ja taiterakenteille ovat tyypillisiä erilaiset pingotettua kangasta muistuttavat muodot, esimerkiksi purjeet ja taitteiset pinnat. Tällöin kattorakenne muodostuu usein rakennuksen hallitsevaksi osaksi.

Tätä rakennejärjestelmää edustaa japanilainen baseball-areena Odaten kaupungin ulkopuolella. Sen on suunnitellut arkkitehti Toyo Ito, ja sen rakennesuunnittelusta on vastannut Takenake Corporation. Rakennus valmistui vuonna 1997, ja sen sisätilan laajuus on noin 10 000 m<sup>2</sup>. Kuorirakenteen jänneväli vaihtelee 100–150 metriin, ja sisäkorkeus on enimmillään 52 metriä. Havainnot ja kuvaukset suunnitelmaratkaisusta on laadittu eri julkaisujen kuva- ja tekstimateriaalin avulla.

Odaten kaupunki sijaitsee vuoristoisella seudulla Akitan pohjoisosassa. Alueen ilmastolle ovat tyypillisiä kovat tuulet ja lumisuus. Nämä olosuhteet ovat olleet lähtökohtana rakennuksen muodon annossa. Toinen muodonantoon liittynyt tavoite oli käyttötarkoituksen esille nostaminen. Rakennuksen muoto on kuin ilmassa lentävä baseball-pallo. Muodon valintaan vaikutti myös ympäristön maisema, jossa rakennuksen muoto sulautui vuoristoihin ja metsäiseen silhuettiin. (2G 1997/II, 92–93.)

Puurakenteena ovat kahteen suuntaan asetetut puukaaret, jotka on liitetty toisiinsa siten, että muodostuu jäykkä, kuorimainen pinta. Rakenteen puuosat on valmistettu seetristä. Rakennuskomponentit on valmistanut paikallinen teollisuus, mikä oli jo hankkeen alussa keskeinen lähtökohta. Rakennuksen ulkovaipan teflonpinnoite tuo rakenteen näkyviin paremmin sekä sisällä että ulkona. Läpinäkyvyys tukee ajatusta ympäröivän luonnon mukanaolosta myös sisätilassa. Iltaisin rakennus valaisee itsensä läpi ja loistaa kuin kuu taivaalla. Rakenteen asettelu, tekotapa, muoto ja laajuus olivat erittäin vaativa suunnittelutehtävä sekä arkkitehdille että rakennesuunnittelijalle. Ratkaisuja jouduttiin kehittämään useissa eri vaiheissa. (Mt., 92–93.)

Massan kokoonpano on särmätön ja **artikuloi pehmeää muotoa**. Pinnat muodostavat sulkeutuvan tilan. Pinnat ovat menettäneet itsenäisyytensä, jolloin muoto artikuloituu **plastiseksi kokoonpanoksi**. Muodon suhteet ja suunta korostavat **horisontaalista liikesuuntaa**. Pinnan kudoks muodostuu pienistä osista, jolloin pinta artikuloituu visuaalisesti **kevyeksi**. Pinta rakentuu useasta ohuesta kerroksesta, jotka muodostavat **paksun** kudoksen. Kudoksen osat on asetettu tiheästi, mikä muodostaa **epäesineellisen** ilmaisun. Puumateriaalin vaikutus ilmaisussa on vallitseva. Teräksiset liitokset ovat dimensioiltaan alisteisessa asemassa ja lisäävät puu epäkonstruktivisuutta. Kudoksen osat muodostuvat itsenäisiksi, jolloin pinta **artikuloituu tektoniseksi**. Osat muodostavat melko tasaisen ja särmättömän kudoksen, joka artikuloituu **pehmeäksi pinnaksi**. Kudoksen osat saavat kokonaismuodon mukaisia suuntia, jotka voimistavat tilan ja massan suuntaa. Myös sekundaarirakenne vaikuttaa voimistavasti kudoksen ominaisuuteen.

Muodon hahmossa korostuvat ristiin asetetut, kaarevat kattopinnan osat, jolloin massan muoto identifioituu kahteen suuntaan kaarevaksi, **epäsäännölliseksi, ainutkertaiseksi** ja harvinaiseksi muodoksi rakennetussa ympäristössä, jopa maailmanlaajuisesti.

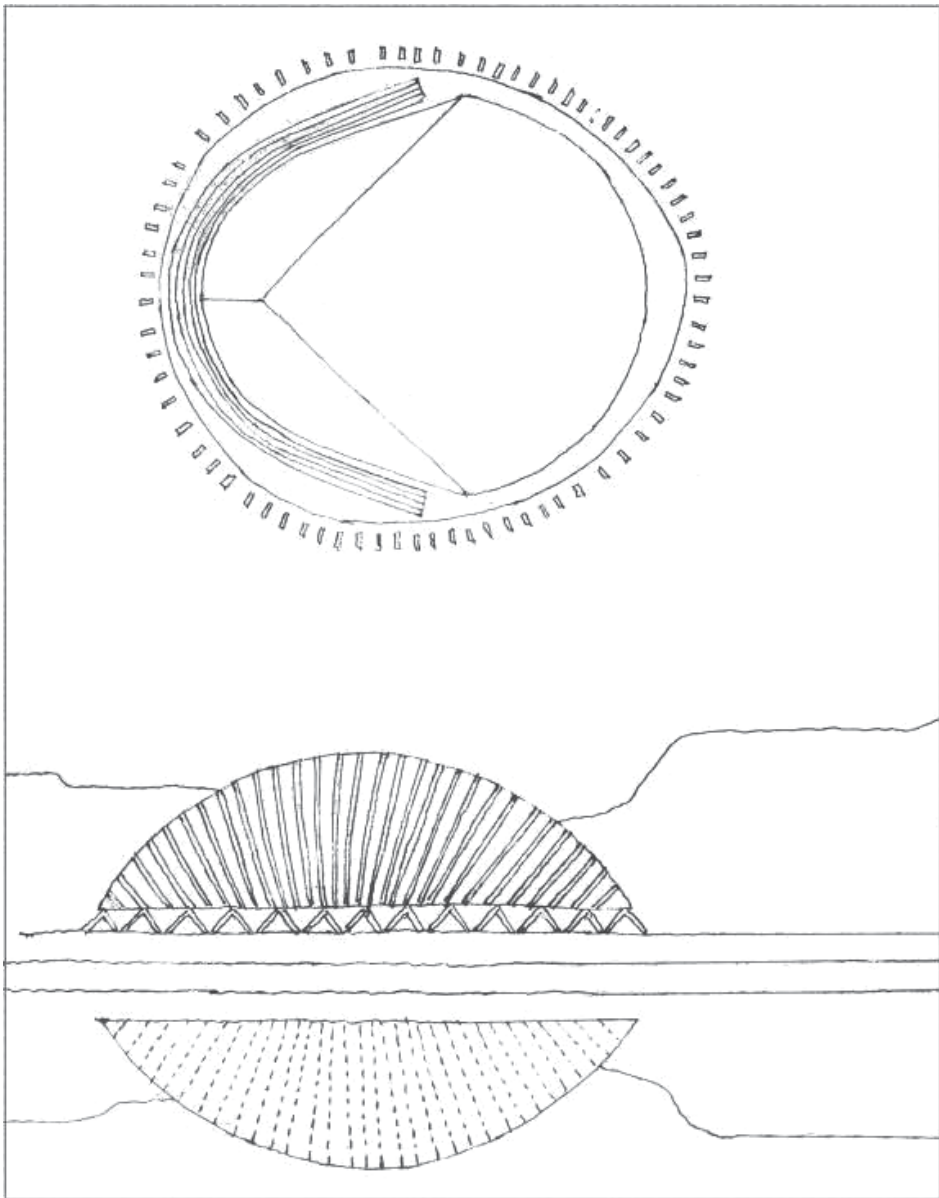
Tekotavan havaittavuus rakentuu visuaalisesti monimutkaiseksi sekä **epäkonstruktiiviseksi**, koska jäykistävien rakenteiden visuaalinen merkitys korostuu. Sen sijaan liitos ei vaikuta tekotavan havaittavuuteen.

Epäsymmetrisyys suhteessa perustasoon saa aikaan **dynaamisuuden** visuaalisessa tasapainossa. Liitos ja jäykistävä rakenne tukevat visuaalista dynaamisuutta. Myös luonnonvalo ja aukotus osallistuvat epäsymmetriaan. Rakenne on **visuaalisesti irti perustasosta** liitoksen, jäykistävän rakenteen ja luonnonvalon avulla. Hallitsevin tämän rakennuksen muoto-ominaisuus on koko rakenteen **plastinen ja epäsymmetrinen muoto**. Rakennuksen mittakaava on kuitenkin niin suuri, että läheltä tarkasteltuna kokonaismuoto rakentuu **kudokseltaan hyvin tektonisista osista ja liitoksista**. Muodon plastisuuden ja tektonisuuden välisen vuorovaikutuksen havaittavuuteen vaikuttaa se, miltä etäisyydeltä rakennusta katsotaan.

Rakennuksen arkkitehtoninen ilmaisu ja muoto-ominaisuudet ovat erittäin selkeästi havaittavissa sekä sisätilassa että ulkotilassa. Ulkotilassa havaittavuutta parantavat vielä alaosan läpinäkyvyys ja puoliläpinäkyvä vaipparakenne.

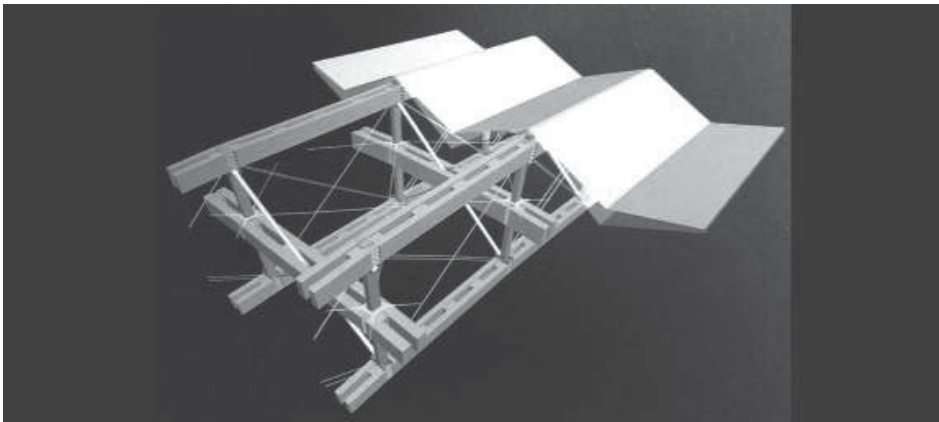


**Kuva 5.35.** Muodon kokoonpano on särmätön, ja se ilmaisee muodon pehmeyttä sekä plastista ja sulkeutuvaa kokoonpanoa (Kuva: 2G 2/1997 s. 93).

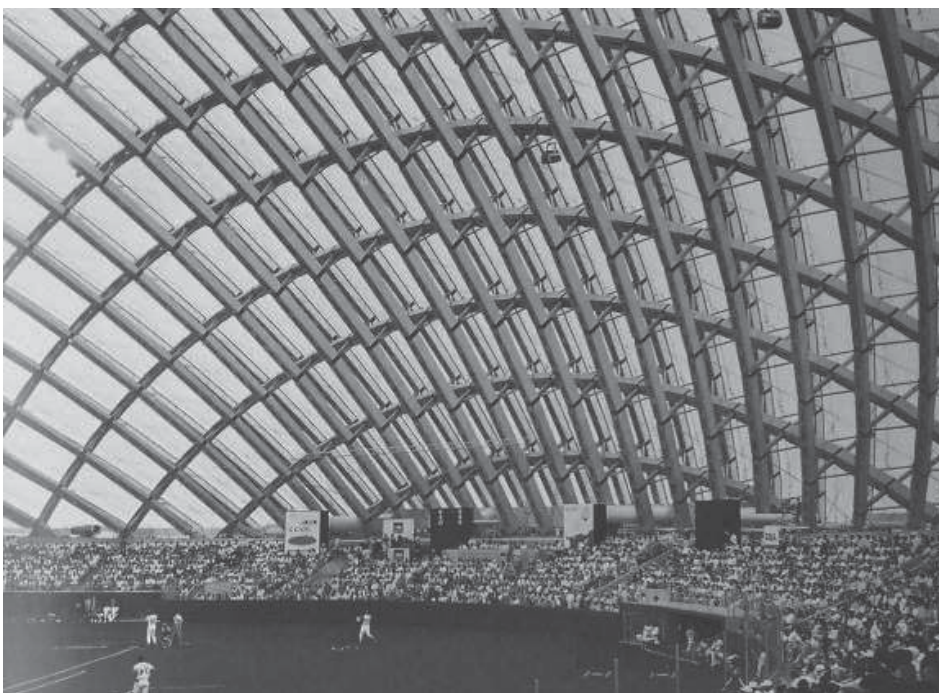


**Kuva 5.36.** Rakennuksen muoto jäljittelee baseball-pallon litistynyttä muotoa. Ulkohahmon kaarevuus ja plastisuus ovat ensisijaisia visuaalisia ominaisuuksia. (Detail 1998/ 6, 958–959).

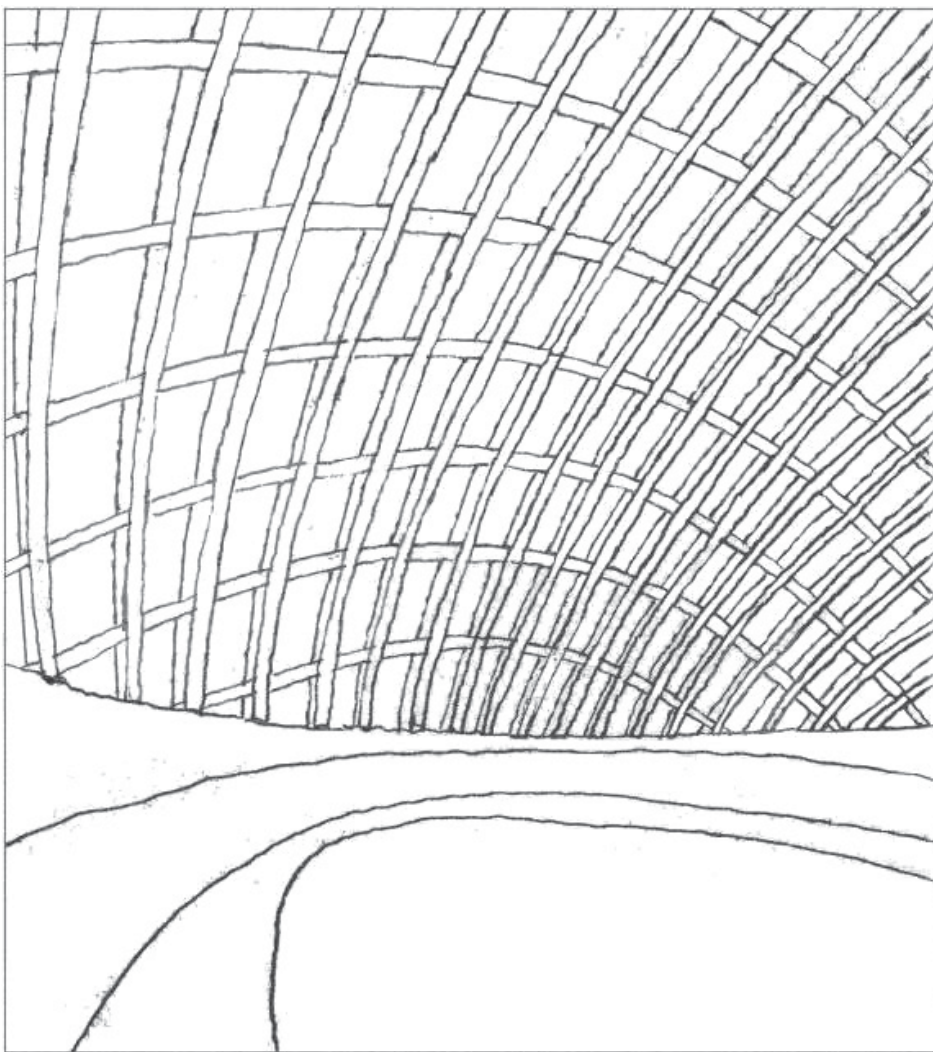




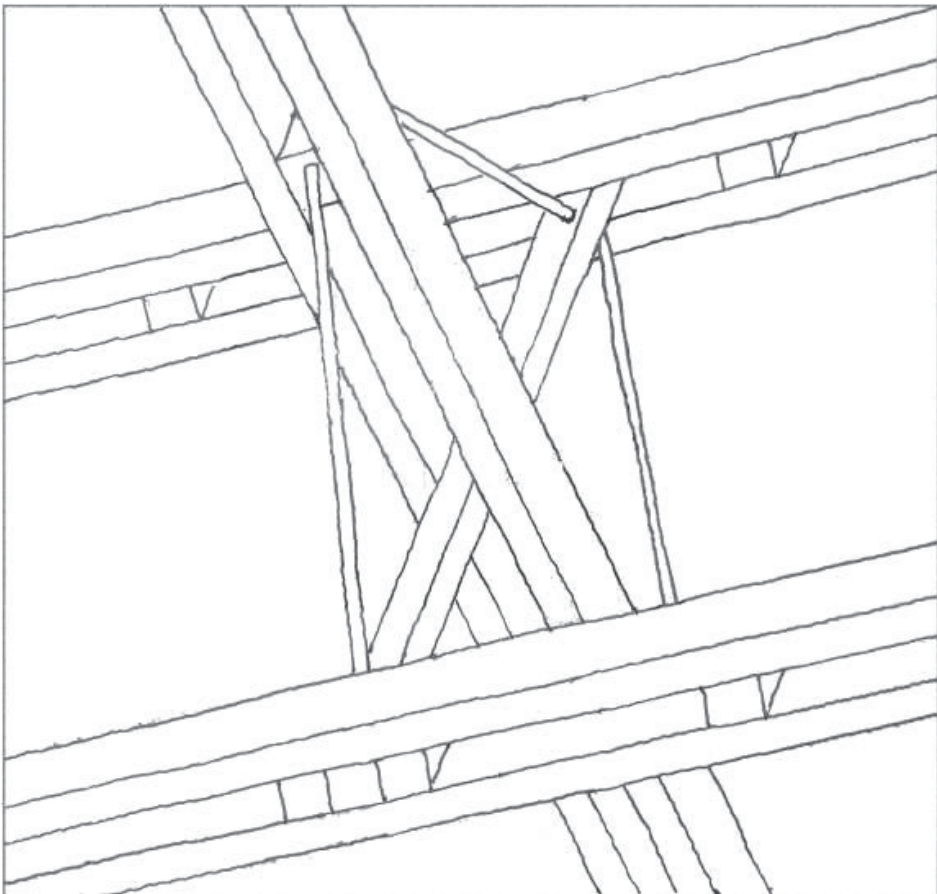
**Kuva 5.37.** Rakenteen tekotavan havaittavuus on monimutkainen. (Kuva: 2G 2/1997 s. 99.)



**Kuva 5.38.** Rakenne koostuu suhteellisen tiheään asetetuista osista ja muodostaa epäesineellisen rajauksen. (Kuva: Detail 6/ 1998 s. 957.)



**Kuva 5.39.** Pehmeä ja plastinen muoto sulkee tilan (Detail 1998/6, 957; 2G 1997/II, 96).



**Kuva 5.40.** Rakenteen muodostaman pinnan kudus muodostuu useasta kerroksesta (2G 1997/II, 98; Detail 1998/6, 960). Tekotavan havaittavuus on monimutkainen (2G II/1997, 99).



**Kuva 5.41.** Pinnan kudoksen osilla on useita vallitsevia suuntia. Toisaalta kokonaismuodon epätasapaino saa aikaan visuaalista liikettä, mutta kudoksen ominaisuus hillitsee sitä. (Kuva: Detail 6/ 1998 s. 960.)

### **Riippurakenteet ja ketjurakenteet, pihakatos, Hohenems**

Riippurakenteet ja ketjurakenteet muistuttavat kangasmaisia muotoja, mutta ovat nimensä mukaisesti lepääviä, riippuvia ja ketjumaisesti jännitettyjä muotoja.

Analysoitavaksi kohteeksi valittiin pihakatos, joka sijaitsee Hohenemsin kylässä Länsi-Itävallassa, lähellä Bregenzin kaupunkia. Katoksen on suunnitellut arkkitehti Reinhard Drexel. Rakennesuunnittelijana on ollut Konrad Merz, Kaufmann und Partner -toimistosta. Katos valmistui vuonna 2000, sen laajuus on noin 1 000 m<sup>2</sup> ja jänneväli on noin 20 metriä. Havainnot ja rakennesuunnittelijan haastattelu on tehty lokakuussa 2005.

Koko rakennusmassan kokoonpano on **särmikäs ja artikuloi kovaa muotoa**. Pinnat muodostavat avautuvan tilan. Pinnat säilyttävät itsenäisyyden, jolloin kokonaismuoto artikuloituu **tektoniseksi kokoonpanoksi**. Muodon suhteet ja suunta korostavat horisontaalisuutta, joka saa aikaan **dynaamisen liikesuunnan**. Rakennesuunnittelijan haastattelun mukaan ”katoksen osalta tehtävänä oli suunnitella sääsuoja kahden rakennusmassan, toimiston ja varaston, väliin jäävälle piha-alueelle” (Mertz, haastattelu 2005).

Kattopinnan kudoksen voidaan ymmärtää muodostuvan pienistä, tiheään asetetuista osista, jolloin pinta artikuloituu **visuaalisesti kevyeksi ja epäesineellisesti rajautuvaksi**. Kudos rakentuu ohuesta ja tasaisesta kerroksesta, jonka osasten liitos ymmärretään **jatkuvana, plastisena pehmeänä artikulointina**.

”Yhdessä arkkitehdin kanssa käytiin läpi erilaisia rakenteita ja muotovaihtoehtoja katoksen ratkaisemiseksi. Arkkitehti piti riippuvaa kangasmaista muotoa parhaana vaihtoehtona piha-katoksen käyttötarkoitusta kuvaamaan” (mt.). ”Viilupuu materiaalina oli valinta, jolla pystyt-tiin ratkaisemaan teknisesti parhaiten halutut arkkitehtoniset tavoitteet” (mt.). ”Jopa ohuempi levyrakenne olisi täyttänyt rakenteelliset vaatimukset, mutta tässä kohteessa pää-dytiin käyttämään vakiotuotetta. Liitosrakenteena teräs oli välttämätön materiaali. Liitok-sen suunnittelu oli sekä arkkitehtoninen että rakenteellinen tehtävä. Liitokset ovat hyvin nä-kyvässä osassa tämän kaltaisessa rakenteessa” (mt.). Suunnittelusta yleensä Konrad Merz oli sitä mieltä, että ”puurakenteet yleisesti vaativat paljon suunnittelua. Ne ovat useasti vaike-ampia ratkaista asetetuissa tavoitteissa kuin muut materiaalit. Oikean tuotteen ja liitosrat-kaisun löytäminen erilaisissa tilanteissa voi olla keskeisin tekijä suunnitteluratkaisun löytä-misessä” (mt.).

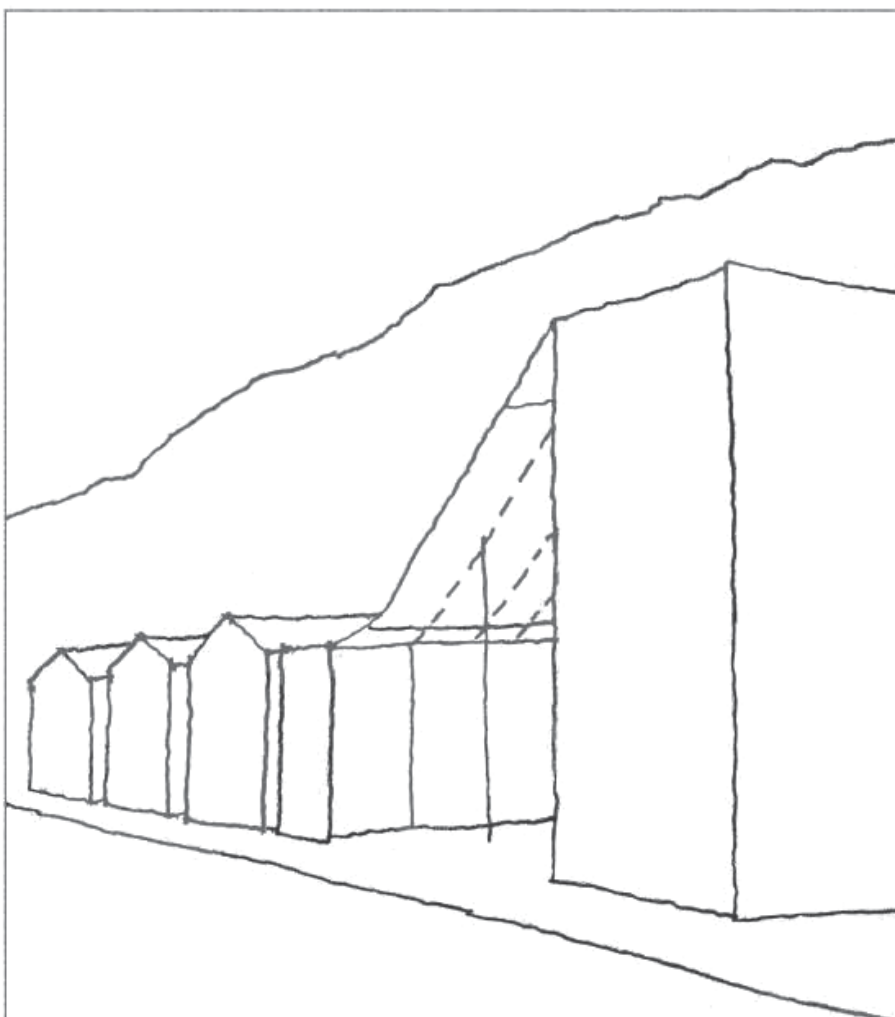
Puumateriaalin vaikutus on vallitseva. Teräksiset vetotangot ovat dimensioiltaan alisteisessa asemassa ja lisäävät puun epäkonstruktiivisuutta. Kudos muodostaa vallitsevan suunnan, koska levysaumot erottuvat kudoksen pinnassa. Sekundaarirakenne ei vaikuta kudoksen ominaisuuteen. Muodon hahmossa korostuu poikkileikkauksen muoto, jossa reunoilta ylös-päin kaarevat muodot ovat harvinaisia länsieurooppalaisessa rakennetussa ympäristössä. Muodon tekotavan havaittavuus rakentuu **visuaalisesti yksinkertaiseksi ja konstruktii-viseksi**. Konstruktion vaikuttavat rakennusosat, kuten vetotangot, ovat jopa sisätilassa ha-vaittavissa. Liitos ja jäykistävät rakenteet eivät vaikuta tekotavan havaittavuuteen, ja muo-don jatkuvuus on ennalta arvattavissa. Epäsymmetrisyys suhteessa perustasoon saa aikaan **dynaamisuutta** visuaalisessa tasapainossa, mitä tukevat liitos ja jäykistävät rakenteet. Myös luonnonvalo ja aukotus osallistuvat epäsymmetriaan. Rakenne on visuaalisesti **irti perusta-sosta** liitoksen, jäykistävän rakenteen ja luonnonvalon avulla.

Hallitsevin katoksen muoto-ominaisuus ovat **kudoksen ja hahmon plastisuus ja dynaami-suus** sekä pintojen visuaalinen irtautuminen toisistaan, millä on tilaa avaava vaikutus. Ka-toksen hahmo ja siihen liittyvät muodon ominaisuudet ovat hyvin havaittavissa myös ulko-arkkitehtuurissa. Sisätilassa viilupuun materiaalituntu on vaikuttava, ja olisi toivonut, että viilupuurakenne olisi tullut vielä enemmän esiin ulkotilassa, esimerkiksi voimakkaana räys-täsaiheena. Tämä olisi lisännyt erikoisen rakenteen ja materiaalivalinnan ansiosta syntyvää puun yksiaineisuuden ilmaisuvoimaa entisestään.

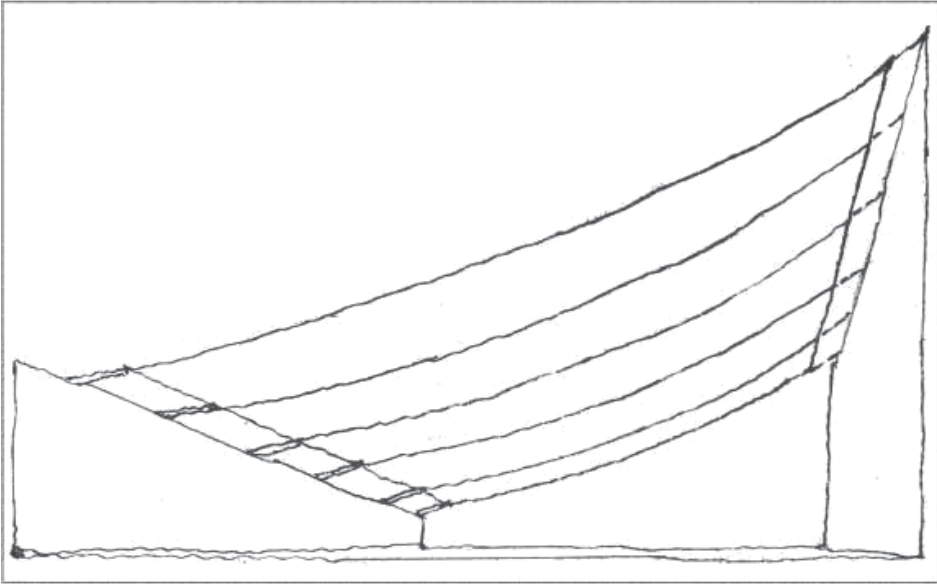




**Kuva 5.42.** Riippurakenteen muoto on hyvin havaittavissa ulkotilassa. Muodon kokoonpano on kaarevasta rakenteesta huolimatta särmikäs ja tektoninen. Kattorakenteen hahmo on plastinen. (Kuva: Eskolin 2005.)



**Kuva 5.43.** Riippuva kangasmainen muoto kuvaa pihakatoksen käyttötarkoitusta. Rakenteen muodostamien pintojen irtoaminen on havaittavissa myös ulkoarkkitehtuurissa.

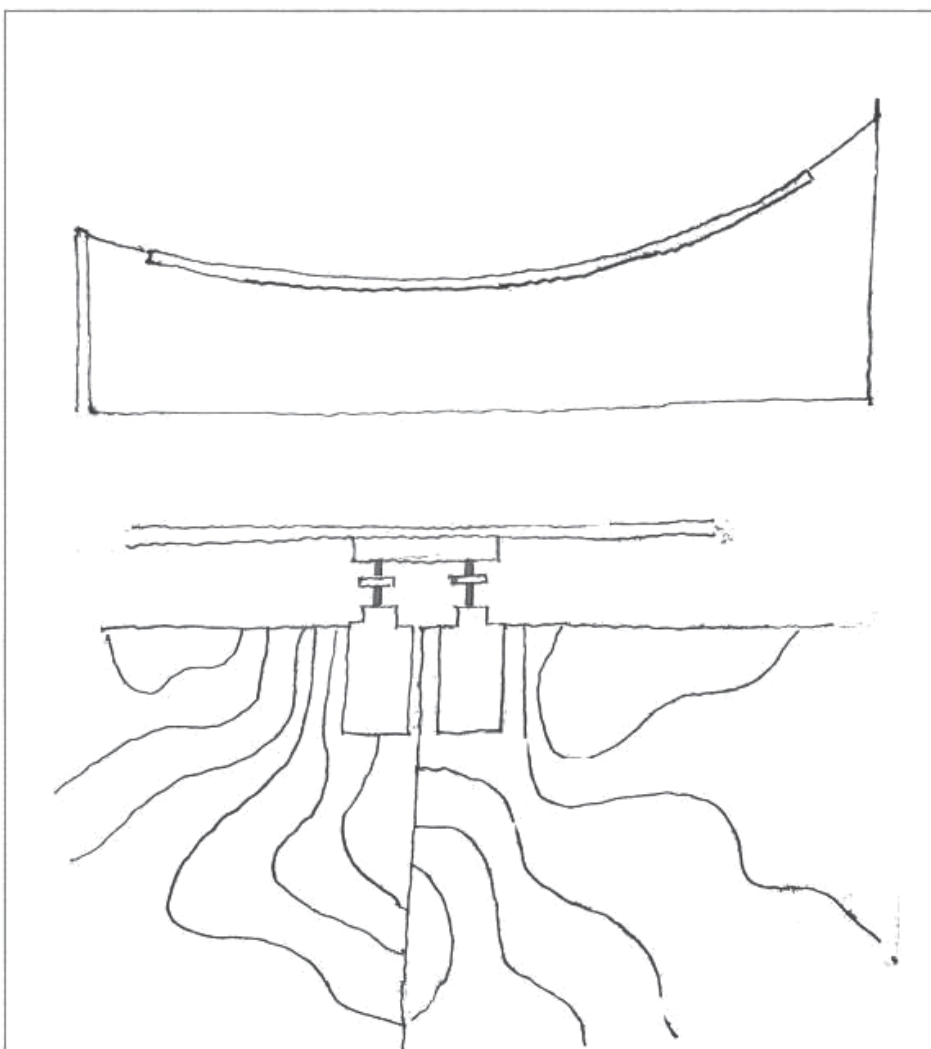


**Kuva 5.44.** Katoksen plastinen ja pehmeä muoto. Viilupuulevyn paksuus on 39 mm. Yhden levyn leveys on 1,8 m ja pituus 18 m (Mertz, haastattelu 2005).



**Kuva 5.45.** Rakenteen muoto ja tekotapa näkyy voimakkaasti myös sisätilassa. Muodon te-  
kotavan havaittavuus rakentuu visuaalisesti yksinkertaiseksi. Pinta on ohut ja sileä, mikä ko-  
rosta muodon plastisuutta. (Kuva: Eskolin 2005.)





**Kuva 5.46.** Riippurakenteen teräksiset liitoselimet. Viilupuumateriaalin valinta oli merkittävä osa suunnitteluratkaisua. Muodon mittasuhteiltaan rakenne on matala ja leveä. Epäsymmetrisyys ja perustasosta irti oleva muoto saavat aikaan visuaalista liikettä.

## 5.2. Päätelmät

Tarkastelukohteiden havainnointi ja suunnittelijoiden haastattelut osoittavat, että arkkitehtonisen muodon ominaisuudet ovat saavutettavissa myös suurilla puurakennejärjestelmillä. Teoriaosuudessa kiteytetyt muodon ominaisuudet tulevat esille näissä kohteissa hyvin monipuolisella tavalla. Useimmissa havaintokohteissa nousee esiin yksi tai kaksi keskeistä muodon ominaisuutta, joilla haluttu arkkitehtoninen ilmaisu ja merkityssisältö on saavutettu. Muut ominaisuudet ovat niille alisteisia tai myötävaikuttamassa keskeisten ominaisuuksien rinnalla. Useimmissa kohderakennuksissa on hyödynnetty tektonisen osan plastista liitosta ja plastista kudosta. Myös kattorakenteiden ilmavuus – perustasosta visuaalisesti irti oleminen – on paljon käytetty arkkitehtoninen keino. Muutamissa kohteissa on hyödynnetty epäsymmetrisyyttä halutun vaikutelman saavuttamiseksi. Esimerkkejä on myös toisen materiaalin, kuten teräksen, käytöstä sekundaarirakenteissa puun rinnalla.

Kohderakennusten suunnittelijoilla on ollut selvä pyrkimys kokeilla uusia arkkitehtonisen muodonannon keinoja. Tämä on vaatinut panostusta rakennusteknisiin ratkaisuihin ja niiden sovelluksiin sekä puurakenteen normaalista poikkeavaan käyttöön, mistä esimerkkinä on viilupuusta valmistettu kupoli. Uudet tekniset sovellukset ovat tuottaneet ratkaisuja, joissa muodon kokoonpanosta, hahmosta ja tasapainotilasta on tullut keskeisiä arkkitehtonisen ilmaisun keinoja. Vastaavasti voidaan havaita, että myös yleisesti käytössä olevien puurakennejärjestelmien ilmaisumahdollisuuksia voidaan edelleen kehittää moninaisesti, mistä esimerkkinä ovat Laajasalon kirkon ristikot. Tällöin suunnittelu keskittyy usein muodon pintojen kudoksen ja muodon suhteiden avulla saataviin arkkitehtonisiin ilmaisumahdollisuuksiin.

Puurakennejärjestelmien luontainen muoto on selvästi näkyvissä myös ulkomuodossa ja kokoonpanossa. Poikkeuksen tästä tekee tässä työssä esimerkkinä käytetty kupolirakenne, jonka sisällä oleva kupolimuoto on muuttunut ulkotilassa suorakaiteeksi. Ulkomuotoon on selvästi vaikuttanut kaikissa kohteissa suhde ympäristöön. Kohde on osa luonnonmaisemaa tai yhdyskuntarakennetta, mikä on tällä hetkellä, jälkimodernismin aikana, vallitseva tapa arkkitehtuurissa.

Esimerkkikohteissa palkkirakenne saa horisontaalisen perusmuotonsa vallitsevasta kylä- ja maisemarakenteesta. Yhdistettyjen palkkien telttamainen ulkomuoto seuraa leiri- ja retkeilyalueen ajatusta, sauvarakenteiden muodostamat kaarimuodot ovat osa kylän suurmaisemaa ja kirkon ristikkorakenne on osa ulkoisen kokoonpanon muodostamaa kappaletta, joka on tyypillinen alueen kaupunkirakenteessa. Kaarirakenteen muoto taas seuraa koulurakennuksen vesikattoa ja muita rakennuksen muotoja, avaruusristikko on osa väljää suoraluomaisten kappaleiden muodostamaa kylämaisemaa ja kupolin perusluonteestaan poikkeava suoraluomaisuus on osa ympäröivää kaupunkirakennetta. Kuorirakenteen kaarevat muodot seuraavat vuoristoisen suurmaiseman rakennetta, ja riippurakenteen poikkeavalla muodolla on haluttu tuoda esiin ympäristöstä poikkeava käyttötarkoitus. Sen sijaan puurakenteen kudoksen ja siihen liittyvien liitosten näkyminen ulkotilassa on lähes kaikissa esimerkkikohteissa vähäistä. Perussyynä tähän on luonnollisesti säältä ja luonnonvalolta suojautuminen. Näkyvillä olevien suurten puurakenteiden ilmaisu saisi kuitenkin lisää merkitystä, jos edes joitain osin voitaisiin mahdollistaa näkymä ulkoa sisälle.

## 6. Käytännön sovellus ja testi

Tutkimus on edennyt vaiheeseen, jossa on mahdollista testata tutkimuksessa aiemmin esiin nousseita tekijöitä. Käytännön testin avulla on mahdollista tarkastella suurten puurakenteiden muodonantoon liittyviä ominaisuuksia. Perusteena tarkastelulle ovat tässä tutkimuksessa saatu tieto ja sen jäsentely. Tärkeää on ollut saada riittävä käsitys puurakenteiden ja arkkitehtonisen muodon välisestä vuorovaikutuksesta historiallisesti eri puurakennejärjestelmien teknisistä ja muodon tuottamisen mahdollisuuksista, arkkitehtuurin teorian määrittämistä luokituksista rakenteiden muodon ilmaisussa sekä olemassa olevista suurista puurakenteista havaintojen ja haastattelujen avulla. Näistä lähtökohdista ja niitä edelleen hyödyn-tään siirrytään tutkimuksen käytännön sovellukseen ja sen etenemisen kuvaukseen.

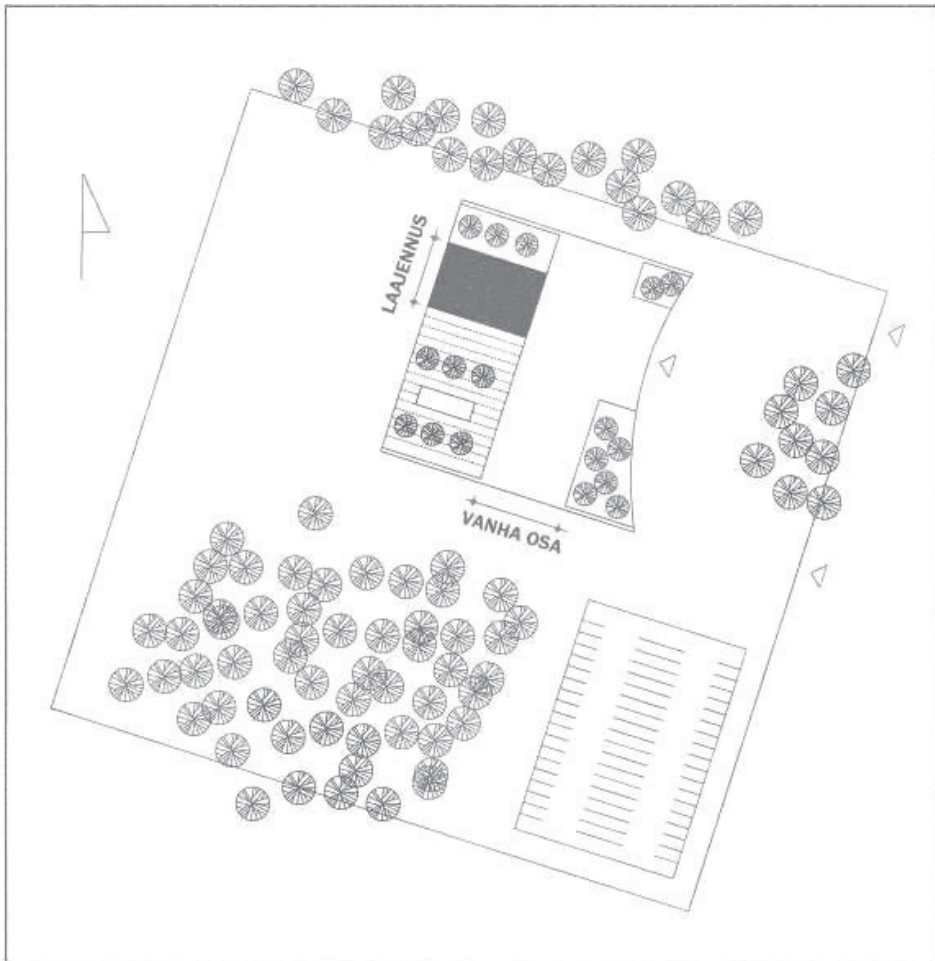
Käytäntöpainotteisen tutkimuksen mukaisesti tässä osiossa palataan suunnittelukäytäntöön. Konkreettisella suunnitelmalla testataan edellisten lukujen teoreettisen pohdinnan ja empiirisen tutkimuksen tuottamaa ymmärrystä niistä tekijöistä, jotka liittyvät suurten puurakenteiden liikuntahallien arkkitehtoniseen muodonantoon. Suunnittelukohteena on uimahallin laajennuksen terapia-allasosasto.

Suunnitelma on siis aiempien tulosten sovellus käytäntöön. Samalla voidaan testata tulosten hyödynnettävyyttä puurakenteiden liikuntahallien visuaalisen muodon ja merkityssisällön kehittämisessä. Toisin sanoen sovellus antaa osaltaan vastauksia tutkimuskysymyksiin: Millaisia arkkitehtonisen muodon ominaispiirteitä eri puurakennejärjestelmillä on? Millaisin keinoin suurten puurakenteiden arkkitehtoniseen ilmaisuun ja muodonantoon voidaan vaikuttaa? Tuloksia testataan osana luonnossuunnittelua konkreettisen suunnittelun yhteydessä, joten teorian ja käytännön vuorovaikutus saa reaalisen perustan.

Sovelluksessa edetään suunnittelukohteen arkkitehtonisen muodonannon tavoitteiden määrittelystä visuaalisten ilmaisukeinojen valintaan.

### 6.1. Sovelluksen lähtökohdat

Teoreettiseksi suunnittelukohteeksi on valittu muutama vuosikymmen sitten rakennetun uimahallin laajennus. Oletuksena on, että uimahalli on nyt toiminnoiltaan laajennuksen tarpeessa. Uimahalli edustaa Suomessa hyvin yleistä pilari- ja palkkirakenteen suorakulmaista kokoonpanoa sekä sisä- että ulkomuodoltaan. Olemassa olevan uimahallin laajuus on tässä suunnitelmassa 7 000 m<sup>2</sup>. Laajennustarpeeksi oletetaan seuraava: terapia-allas 25 x 10 metriä, pienaltaat, kuten karaisuallas ja pieni allas ulkona, sekä avointa lattiatilaa oleskeluun ja kuntoiluun.



**Kuva 6.1.** Olemassa olevan uimahallin ja uuden terapia-allasosaston asema tontilla ja suhde ympäristöön.

## 6.2. Sovelluksen prosessi

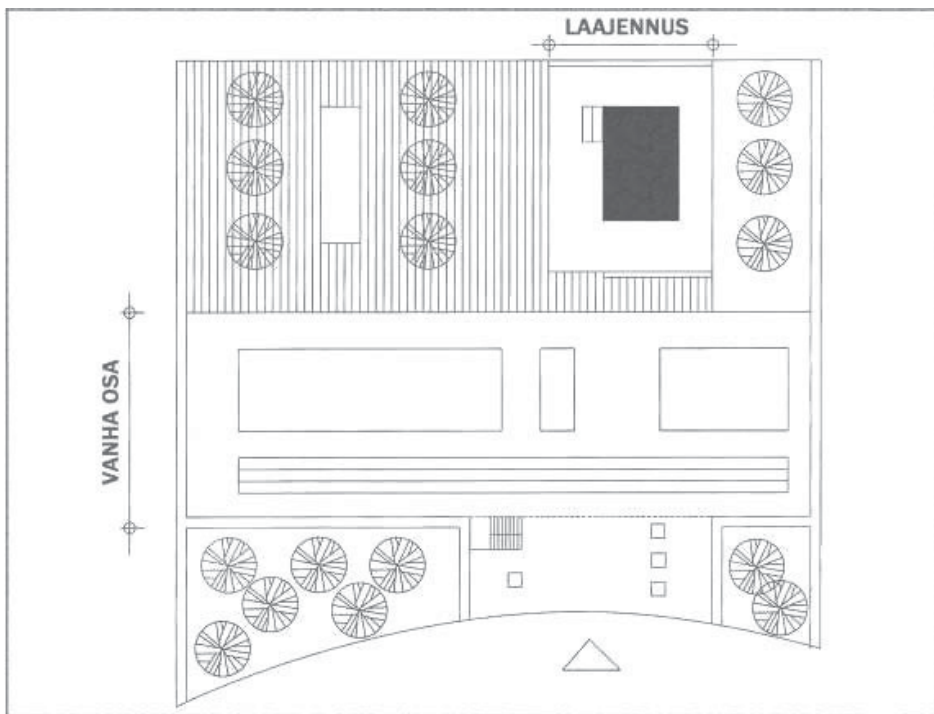
Suunnittelu alkoi tutustumalla laajennuksen tilaohjelmaan ja vastaaviin toteutettuihin ratkaisuihin, joiden avulla tämän suunnitelman kokonaislaajuudeksi arvioitiin 29 x 45 metrin laajuinen alue eli 1 300 m<sup>2</sup>. Seuraavaksi pyrittiin hahmottamaan eri laajenemissuuntavaihtoehtoja, niiden vaikutusta uimahallin sisäiseen toiminnallisuuteen ja ulkoiseen arkkitehtuuriin sekä arkkitehtonisen muodonannon merkityssisällöllisten tavoitteiden määrittämiseen. Laajennussuunta määräytyy teoreettisen tontin tarjoamista mahdollisuuksista, joita ovat olemassa olevat kulkuyhteydet, pysäköinti ja näkymät. Merkityssisällölle asetetaan seuraavia tilaaja- ja käyttäjälähtöisiä tavoitteita: rauhoittavuus, turvallisuus, suojaavuus, pehmeys, ilma-

vuus, arjesta irtautuminen ja paikan erityisyys. Näiden lisäksi ratkaisusta tulisi kuvastua urheilu- ja virkistystilalle ominainen dynaaminen luonne. Ratkaisun tulisi siis toisaalta antaa vaikutelma rentoutumiseen tarkoitetusta tilasta ja toisaalta kertoa siitä, että kyseessä on urheilu- ja virkistysrakennus.

Tässä testissä käytännön suunnitteluprosessi etenee edellä esitettyä muodon visuaalisten ominaisuuksien luokitusta hyväksi käyttäen. Kutakin ominaisuutta tarkastellaan erikseen ja samalla reflektoidaan sen suhdetta tavoitteiden mukaiseen tarkasteluun, eri puurakennejärjestelmiin ja empiirisiin havaintoihin. Ominaisuuksia tarkastellaan samassa järjestyksessä kuin teoriaosuudessa, jotta teoreettisen ja käytännöllisen tarkastelun suhde tulisi konkreettisesti esille. Muodon visuaalisista ominaisuuksista tarkastellaan suunnittelutilanteessa ensin muodon kokoonpanoa ja hahmoa. Tämän jälkeen edetään muodon suhteiden ja kudoksen tarkasteluun ja lopuksi käsitellään muodon havaittavuutta ja tasapainoa.

Erityisesti pyritään tuomaan esille merkityssisällön ja visuaalisten ominaisuuksien välistä vuorovaikutusta tutkijan omien kokemusten ja tulkinnan kautta. Tällä sovelluksella halutaan tuoda esiin vuorovaikutustilanteen tärkeää asemaa suunnitteluprosessin aikana. Käyttäjälähtöisyyden lähtökohta on, että terapia-allastila koetaan arkkitehtoniselta ilmaisultaan ja muodoltaan pehmeäksi, suojaisaksi ja rauhoittavaksi. Tavoitteena on ottaa huomioon visuaalisessa ratkaisussa myös terapia-altaan erityisyys suhteessa olemassa olevaan uimahalliin.

Tässä käsiteltävä käytännön sovellutus ei koske koko olemassa olevaa uimahallia, vaan rajoittuu ainoastaan uuden terapia-allasosaston suunnitteluun.



**Kuva 6.2.** Uimahallin laajennuksen uudelleenjärjestelyn sijoittuminen suhteessa olemassa olevaan rakennusmassaan. Tarkemmat suunnitelmat on laadittu terapia-allasosastosta, jonka laajuus on noin 1300 m<sup>2</sup>.

### Muodon kokoonpano

Vaihtoehtona on joko uimahallin nykyisen muodon kokoonpanon käyttäminen laajennuksessa tai siitä poikkeaminen. Tilojen muuntojoustavuus, joka on eräs lähtökohta hallin suunnittelussa, asettaa kuitenkin suorakaiteen hallin pohjamuotona edelle ennen muita muotovaihtoehtoja. Myös terapia-altaan monipuolinen käyttö eri lajeissa suosii suorakaiteen muotoista allasratkaisua.

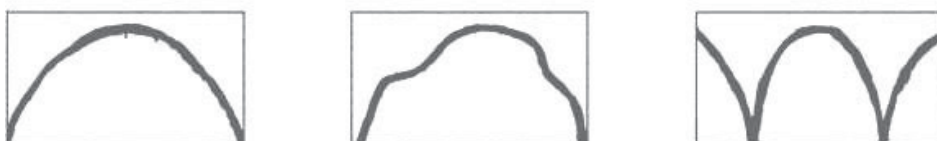
Nykyisen särmikkään ja kovan muodon jatkaminen vaikuttaa luontevimmalta ainakin ulkoisen massoittelemuksen osalta. Suunnitteluratkaisussa päädytään säilyttämään sekä pohjaratkaisussa että ulkomuodossa olemassa olevan uimahallin suorakaiteen muotokieli. Tätä ratkaisua tukee myös uimahallikokonaisuuden suhde maisemaan ja muuhun ympäristöön, eikä ratkaisu aseta laajennusosaa kilpailevaan asemaan suhteessa olemassa olevaan rakennukseen. Ulkoarkkitehtuurissa kaupunkikuvallisena tavoitteena on tietty harmonisuus eikä muotojen "temmellyskenttä", joka valitettavasti on toteutunut aivan liian usein suomalaisessa täydennysrakentamisessa.

Suunnittelun alussa oli tosin ajatus, että terapia-allasosaston ulkoiselle massalle annetaan suorakaiteesta poikkeava muoto, jolla korostetaan muun muassa sen sulkeutuvaa, pehmeää, rauhoittavaa ja turvallisuuden tunnetta lisäävää vaikutelmaa. Tätä tarkemmin pohdittaessa tuli entistä selvemmäksi, että merkityssisällön tavoitteet voidaan kohdistaa myös pelkästään sisätilan arkkitehtoniseen ilmaisuun.

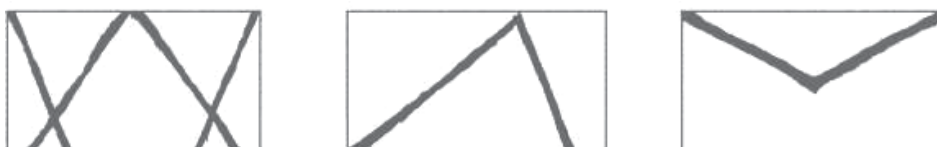


**Kuva 6.3.** Terapia-altaan särmikäs ja pehmeä kokoonpano sekä niiden yhdistelmä.

Kaikilla eri puurakennejärjestelmillä voidaan saavuttaa muodon kokoonpanossa tilanne, jossa ulkoinen muoto ja sisämuoto eroavat toisistaan. Hyvin monet järjestelmät saavuttavat luontaisesti myös suorakulmaisen pohjamuodon, mutta vain muutamat saavat plastisen kokoonpanon sisätilassa.



**Kuva 6.4.** Vaihtoehtoisia ratkaisuja, joissa ulkotilan kokoonpano on särmikäs ja sisätilan sulkeutuva ja pehmeä.



**Kuva 6.5.** Vaihtoehtoisia runkoratkaisuja, joissa kokoonpano on särmikäs tai avautuva, jolloin pintojen itsenäisyys korostuu.

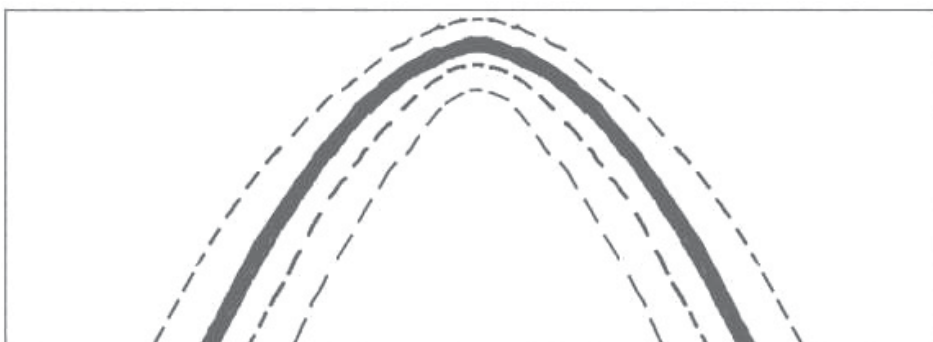
### **Suunnitelmaratkaisu, kokoonpano**

Suunnittelussa päätetään edetä ratkaisulla, jossa seurataan ulkotilassa olemassa olevan halun massoittelua. Tällöin ulkomuoto artikuloituu kovana. Kantavan rakenteen kokoonpano seuraa tarkoituksenmukaisesti jollain tavalla tätä tektonista kokoonpanoa. Rakennetta sovelletaan kuitenkin siten, että sisätilan muoto voi saada esimerkiksi vastakkaista, plastisempaa kokoonpanoa ja ehkä sulkeutuvaa ja pehmeää artikulaatiota.

Muodon visuaalisena ominaisuutena tämä tarkoittaa sitä, että perusmuotona on särmikäs suorakaiteen muoto yhdessä särmättömän muodon kanssa. Rakenteeksi voidaan tällöin valita sellaisia muotoja, joissa ulkotilasta katsottuna pintojen itsenäisyys säilyy, ja siten muodostuu luontaisesti suorakulmaisen muotoinen kokoonpano.

Suunnitteluratkaisuksi voidaan valita esimerkiksi kaari tai kuorirakenne, jota olisi mahdollista kehittää sekä ulkoisen että sisäisen kokoonpanon tavoitteisiin. Rakenteen sovellus määritellään tarkemmin seuraavassa visuaalisen ominaisuuden tarkastelussa eli rakenteen hahmon suunnittelussa.

Kokonaisuuden säilyttäminen suorakulmaisten kappaleiden sommitelmana helpottaa uuden ja vanhan liittämistä toisiinsa. Muototeema mahdollistaa myös uusien sisääntulokatosten ja muiden täydentävien rakenteiden yhteensovittamisen sekä vanhalle osalle että laajennusosalle. Suunnitelmassa katokset ja aidat ehdotetaan rakennettaviksi yleensä puusta. Eri kappaleiden julkisivumateriaalit ja värit voidaan tarvittaessa valita omikseen. Aukotuksella voidaan korostaa eri kappaleiden ja toimintojen tärkeyttä.

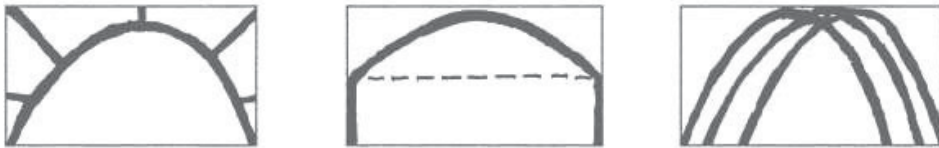


**Kuva 6.6.** Valmiissa suunnitelmassa muoto saa ulkotilassa tektonisen ja sisätilassa plastisen kokoonpanon.

### **Muodon hahmo**

Olemassa olevan uimahallin kokoonpanosta seuraa myös sen lineaarisuus, jota sovelletaan laajennuksen ulkoiseen hahmoon. Sen sijaan terapia-altaan sisätilan muoto ei seuraa ulkotilan hahmoa eikä muiden allasosastojen sisätilojen lineaarisuutta. Terapia-allasosaston sisätilassa tavoitteeksi asetetaan muiden allasosastojen sisätiloista poikkeava, erityisyyttä ilmaiseva muotoratkaisu. Lähtökohtana on esimerkiksi kaari tai kuorirakenne, joka tuottaa pohjamuotona tavoitteeksi asetetun muuntojoustavuuden. Näistä lähtökohdista lähdetään etsimään sovellusta ratkaisun aikaansaamiseksi. Rakennearjestelmistä muun muassa erilaiset kaarirakenteen sovellukset tuottavat luonnostaan tavoitteeksi asetettuja ratkaisuja.





**Kuva 6.7.** Kaksi ensimmäistä ovat kaarevia poikkileikkauksia, jotka saavat lineaarisen hahmon. Kolmannessa poikkileikkauksessa syntyy epäsäännöllinen, jopa hybridinen hahmo. Hahmossa yhdistyvät lineaarinen pohjamuoto, kaareva poikkileikkaus ja säännöllinen toistuvuus.

### Suunnitteluratkaisu, hahmo

Suunnitteluratkaisuksi valitaan kaarirakenteen, vinosauvojen ja palkkien muodostama yhdistelmä. Rakenteen muoto artikuloituu ulkohahmossa tektoniseksi. Sisätilassa vallitsevan piirteen saa plastisuus, joka sovelluksena vastaa erityisyyden tavoitteeseen.

Muodon visuaalisena ominaisuutena rakenteen hahmon sisäpinta identifioituu kaarevaksi ja poikkeaa siten ulkohahmon lineaarisesta ominaisuudesta. Rungon osalta pitäydytään kuitenkin säännöllisessä perusratkaisussa. Erityisyyttä lähdetään tavoittelemaan myös kudoksen ominaisuuksien avulla.

Säännöllisyys ja toistuvuus edesauttavat myös rakenteen kudoksen käytännön suunnittelua ja toteutusta sekä tukevat yleispätevää toiminnallisuutta. Erityisyyden vaikutelmaa haetaan enemmän kudoksen ominaisuuksista kuin hahmon ainutkertaisuudesta.



**Kuva 6.8.** Kaarirakenteen säännöllisyys tukee muuntojoustavuutta, plastinen ja tektonisen hahmon yhdistelmä puolestaan erityisyyttä.

### Muodon suhteet

Toiminta, tilaohjelma ja liittyminen vanhaan uimahalliin asettavat reunaehdot muodon suhteille. Altaan mitat ja muoto määräävät massan muodon leveyden ja pituuden. Sisätilan korkeuden määrittämisessä otetaan huomioon soveltuvuus eri lajeille. Ulkotilassa luontevaa on pitänyt ympäristöviiden rakennusmassojen korkeudessa.

Terapia-allastoiminta kuitenkin suosii erityisyyttä ja antaa siten jonkin verran liikkumatilaa muodon suhteiden määrittämisessä. Terapia-altaan ylle muodostuva kaarirakenne ei saisi nousta liian korkealle, koska silloin kaarevan, suojaisan rakenteen tunne ei olisi enää riittävän voimakas. Siksi tavoitellaan matalaa ja leveää tilan tunnetta.

Kaari ja riippurakenteille ovat luontaisia leveät ja matalat muodon suhteet. Kaarirakenteelle tyypillinen sulkeutuva taipuminen lisää suojaksi taipuneen rakenteen vaikutelmaa.



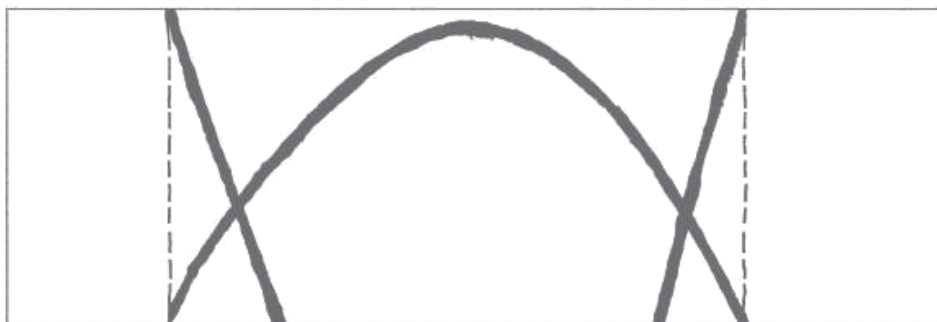
**Kuva 6.9.** Vaihtoehtoisia poikkileikkauksia ja muodon suhteita.

### **Suunnitteluratkaisu, suhteet**

Muodon artikuloinnin tavoitteena on vaikuttaa sisätilan suhteisiin siten, että dynaaminen vaikutelma osaltaan aktivoi käyttäjää. Poikkileikkauksessa on mahdollista valita muodon suhteita siten, että horisontaalinen liike tulee vallitsevaksi.

Toisaalta muodon suhteilla pyritään ilmaisemaan suojaisaa tilaa, jossa kattorakenne ei nouse liian ylös vaan säilyy helposti aistittavana hallitilassa. Muodon visuaalisena ominaisuutena se tarkoittaa tässä suunnitelmassa leveän ja matalan muodon aikaansaamista poikkileikkaukseen.

Suunnitteluratkaisua kehitellään siten, että kaarirakenne säilytetään vallitsevana sisätilan arkkitehtuurissa. Pystysuuntaiset rakenteet jäävät sekundaariseen asemaan ja vastaavasti ulkotilassa pystysuuntaiset rakenteet korostuvat ja voimistavat pintojen itsenäisyyttä. Kaarirakenteet taipuvat korsimaisesti altaan yli, ja ilmaisua pyritään voimistamaan seuraavan tarkasteltavan muodon ominaisuuden, kudoksen kehittyessä.



**Kuva 6.10.** Kaarirakenteen jänneväli on 29 metriä ja korkeus hallin keskiosassa noin 8 metriä. Kaaret taipuvat kuin kaislat altaan yli ja muodostavat suojaavan rajauksen.

## Kudos

Kudos pyrkii voimistamaan edellisten ominaisuuksien tavoitteita ja edesauttamaan omilla mahdollisuuksillaan erityisyyden vaatimusta. Kudoksen halutaan muodostuvan pääasiassa primaarirakenteesta, jolloin sekundaarin merkitys on visuaalisesti alisteinen. Primaarin poikkileikkausmuoto on kaari, minkä takia keskeisimmät kudoksen ominaisuuteen vaikuttavat tekijät ovat rakennusosien koko, asettelun tiheys, suunta ja luonnonvalon hyväksikäyttö.

Kaarirakenteen asettelua voidaan myös tihentää ja samalla osien dimensioita pienentää. Kaaret voidaan myös asettaa esimerkiksi ristiin, jolloin kudoksen muodostama pinta voimistuu yhtenäisemmäksi.



**Kuva 6.11.** Raskas ja esineellinen kudos sekä kevyt ja epäesineellinen kudos. Kaarien asettelu lineaarisesti tai vaihtoehtoisesti vapaasijoitteluna.



**Kuva 6.12.** Ristikkäinen asettelu vähentää sekundaarirakenteiden tarvetta ja edistää ilmaisen syntymistä primaarirakenteen avulla. Kaarien muodostaman pinnan ilmaisu alkaa muistuttaa kaislamaista rakennetta.

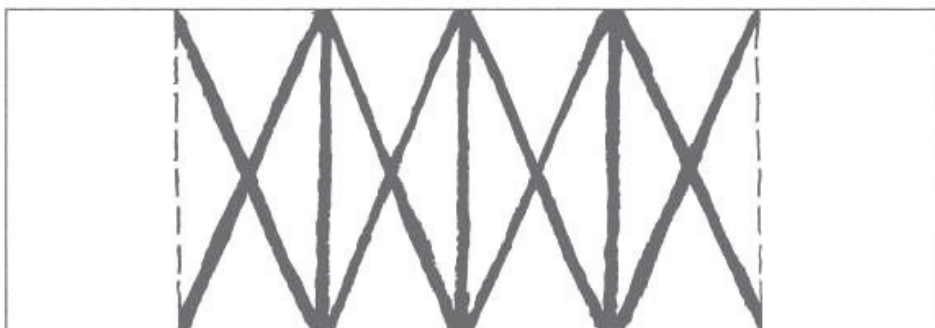
## Suunnitteluratkaisu, kudos

Suunnitteluratkaisun kaislamainen kudos artikuloi muodon erityisyyttä, jota lisäävät rakennjärjestelmälle epätavallinen keveys ja epäesineellinen raja. Täydentävänä tavoitteena on luonnonvalon siivilöityminen rakenteen lomitse.

Tavoitteiden mukaisesti muodon visuaaliset ominaisuudet ovat kudoksen osien jatkuva liitos ja primaarirakennetta noudattava vallitseva suunta. Erityisyyttä korostavat dimensioiltaan pienten rakennusosien käyttö ja hyvin tiheä asettelu. Edelleen erityisyyttä korostaa osien ristiin asettelu, joka vähentää myös sekundaarirakenteen tarvetta.

Kaarien runkojaon tihentäminen mahdollistaa rakennusosien dimensioiden pienentämisen. Tiheä pinta muodostaa myös valmiin sisäpinnan, jonka yläpuolelle voidaan sijoittaa IV- ja sähkötekniisiä asennuksia. Teknisten järjestelmien osittainen piiloon jääminen antaa enemmän mahdollisuuksia ilmaisutavoitteiden toteutumiselle, jolloin huomio kohdistuu ensisijai-

sesti puurakenteen aikaansaamaan vaikutelmaan. Kantava rakenne ja sisätila alkavat muodostua kevyeksi, kaislamaiseksi ja suojaavaksi rakenteeksi, jonka lomitse ilma ja valo liikkuvat. Puukaaret asetetaan ristiin, mikä osaltaan voimistaa pinnan epäesineellistä ilmaisuja ja samalla parantaa rakenteen turvallisuutta kaarien dimensioiden pienentyessä.



**Kuva 6.13.** Terapia-allasosaston kantavan liimapuukaaren jänneväli on noin 27,5 metriä. Kaikkiaan hallin leveys on 29 metriä, pituus 35 metriä sekä sisäkorkeus 8 metriä. Kantavan rakenteen jako on 1 400 millimetrin välein.

### Muodon havaittavuus

Lähtökohtana on yksinkertainen ja selkeä kaarirakenteen perusmuoto. Rakenteeseen liitetään sauvamaisia rakenteita, jotka kannattelevat pitkien sivujen vesikattoa ja pituussuuntaisia jäykistäviä rakenteita. Muodon havaittavuus saa erityispiirteitä, jotka kohdentuvat kudoksen tekotavan havaittavuuteen.



**Kuva 6.14.** Kaarien ristiin asettaminen lisää tekotavan epäkonstruktiivista vaikutelmaa.

### Suunnitteluratkaisu, havaittavuus

Muodon artikuloinnissa hahmon tekotavan kertovuus ja ennalta arvattavuus artikuloituvat erityisesti hahmon ja kokoonpanon ominaisuuksissa. Piilottavampi tekotapa kohdentuu kudoksen ominaisuuteen.

Muodon visuaalisessa ominaisuudessa rakenteen perusmuotojen tekotapa on visuaalisesti yksinkertainen. Kudoksen tekotavan havaittavuutta vaikeuttaa kaarien ristiin asettaminen, mikä lisää epäkonstruktiivista vaikutelmaa. Osaltaan myös kudoksen osien pienet dimensiot ja tiheä asettelu antavat epäkonstruktiivisen vaikutelman.

Suunnitteluratkaisun periaatteeseen kuuluu, että varsinaiset liitokset saavat vähän painoarvoa. Pyrkimyksenä on, että rakenne jäykistää itsensä, jolloin ei tarvita erillisiä jäykistäviä rakenteita. Lopputulos hakee kaislamaista, taipunutta suojaa altaalle.



**Kuva 6.15.** Kaarien ristikkäinen ja tiheä asettelu aikaansaa vaikeasti havaittavan rakenteen tekotavan muodon.

### **Muodon tasapaino**

Suunnitelmaan on täsmentynyt merkityssisältöjä, kuten kaislmaisien kaarirakenteiden keveys, ilmavuus ja taipuisuus. Muodon tasapainon ominaisuutena tätä tavoitetta tukevat perustasosta irti oleva, rauhallinen ja leijuva vaikutelma yhdistettynä kaislmaiseen kudokseen ja valon aikaansaamaan ilmavuuteen. Rakenteen symmetria vaimentaa vaakasuuntaista liikettä ja antaa tilaa pystysuuntaiselle visuaaliselle liikkeelle.



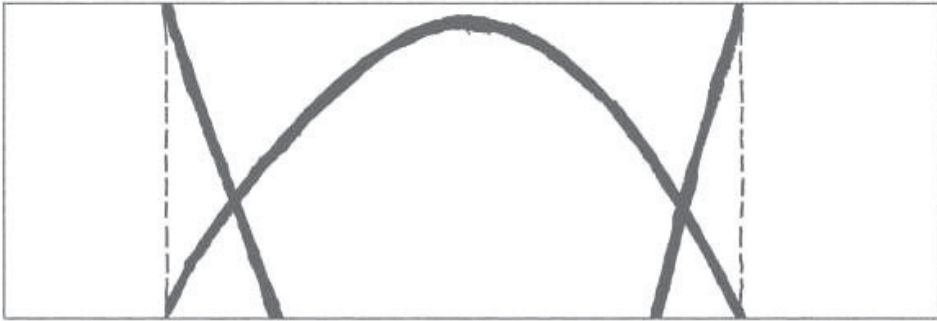
**Kuva 6.16.** Suunnitteluratkaisu korostaa ilmavaa, perustasosta irtoavaa rakennetta.

### **Suunnitteluratkaisu, tasapaino**

Muodon artikuloinnissa rauhallisuus ja staattisuus ovat tavoitteita muodon vaakasuuntaisessa tasapainossa. Pystysuunnassa dynaaminen suhde perustasoon korostaa erityisyyden tavoitetta, ja luonnonvalo lisää ilmavuuden ja keveyden vaikutelmaa.

Muodon visuaalisena ominaisuutena on rakennejärjestelmään liittyvä luontainen symmetria, jossa primaarirakenteella aikaansaadun kudoksen dynaamisuus korostuu. Luonnonvaloa hyödynnetään visuaaliseen tasapainoon pyrittäessä ja perustasoon kiinnittymisessä.

Suunnitteluratkaisun periaatteeseen kuuluu kaarirakenteen sovellus, jossa primaarirakenteen merkitys arkkitehtonisena elementtinä kasvaa. Rakenteen dimensioiden pienentäminen ja pinnan tihentäminen voimistavat ilmavuuden ja leijuvuuden vaikutelmaa.



**Kuva 6.17.** Muodon tasapainossa korostuu leijuva ja taipuisa kaarirakenne.

### 6.3. Synteesi

Terapia-allasosaston puurakenteiden muodon ominaisuuksissa nousevat esiin ulkoarkkitehtuurin särmikäs kokoonpano ja samanaikainen sisätilan plastinen kokoonpano. Tämä johtaa ulkotilan lineaariseen muotomaailmaan ja sisätilan kaarevaan hahmoon. Toiminnan ja tilaohjelman vaatima mitoitus määrittelee muodon mittasuhteita, ja kaarevassa, suhteellisen matalassa sisätilassa korostuu poikkileikkauksen suunta. Tätä suuntaa korostaa entisestään tiheä ja voimakkaasti pinnaltaan suuntautunut kudokse. Kudoksen muototeema juontaa merkityssisällöstä, jossa kaislamainen matto levittyy altaan ylle ja luo rauhallisen ja turvallisen oloisen tilan terapiatoimintaa varten. Muodon yksinkertainen havaittavuus ja symmetrinen visuaalinen tasapaino pyrkivät osaltaan tukemaan merkityssisällön toteutumista. Tasapainotilassa tavoitteena on myös perustasosta irtoava vaikutelma, jolloin kaislamatto ikään kuin taipuu ilmeisesti ja kevyen oloisesti altaan ylle.

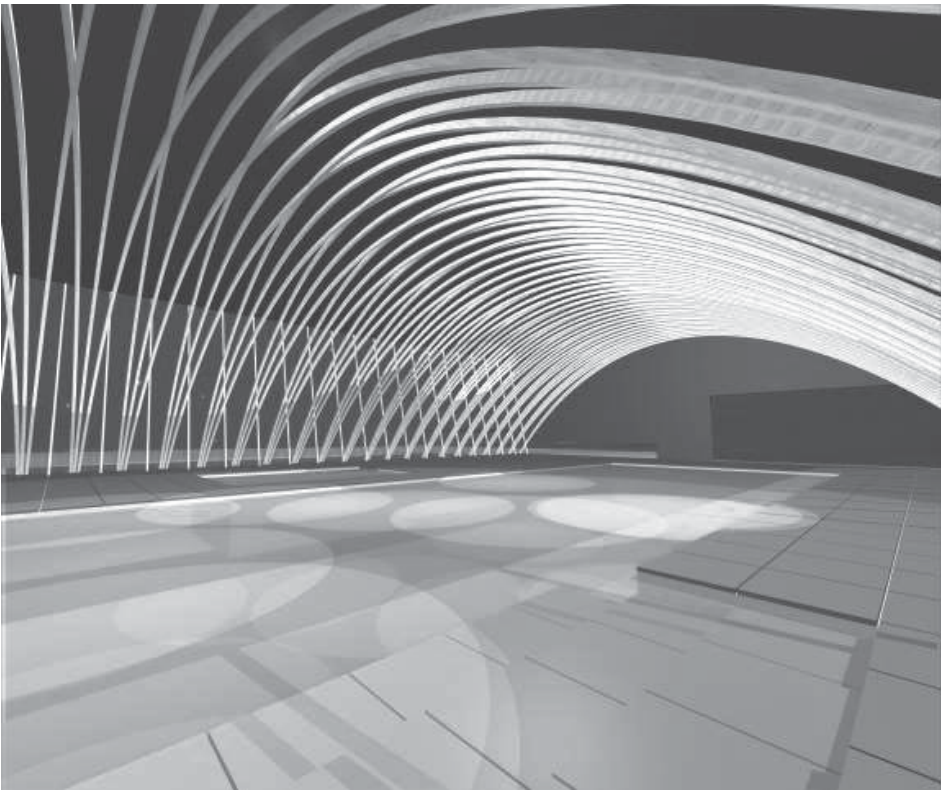
Ilmaisutavoitteeksi muodostuu seuraavia teemoja: visuaalinen keveys, valon läpäisevyys, suojaava, turvallisuuden tunnetta lisäävä vaikutelma, materiaalin käsin kosketeltavuus, materiaalin visuaalinen lämpö sekä erityisyyden ja ainutkertaisuuden tavoittelu tilan ja pinnan ominaisuuksissa.

Tilaajan käyttäjälähtöinen tavoite allastilan rauhallisuudesta ja visuaalisesta pehmeystä toteutui sisätilassa tiheään asetettujen kaarien avulla. Suomessa melko yleinen kaarirakenne edesauttaa myös toteutettavuutta ja suunnittelua. Tosin poikkeuksellisen tiheä asettelu ja kaarirakenteen hoikat dimensiot sekä rakenteen jäykistäminen ristiin asettamisella edellyttävät rakennejärjestelmän rakenne-, valmistus- ja asennusteknistä kehittämistä edelleen.

Koko kantava rakenne jäykistetään siten, että primaarirakenne jäykistää itsensä molempiin suuntiin. Poikkileikkauksessa 29 metriä leveä jänneväli jakaantuu kahteen kenttään, jolloin yläpohjarakenteen vaakasuoran palkin jänneväliksi muodostuu noin 14,5 metriä. Ulkoseinärakenteen pituussuuntainen jäykistys muodostaa oman näkyville jäävän rakenteensa.

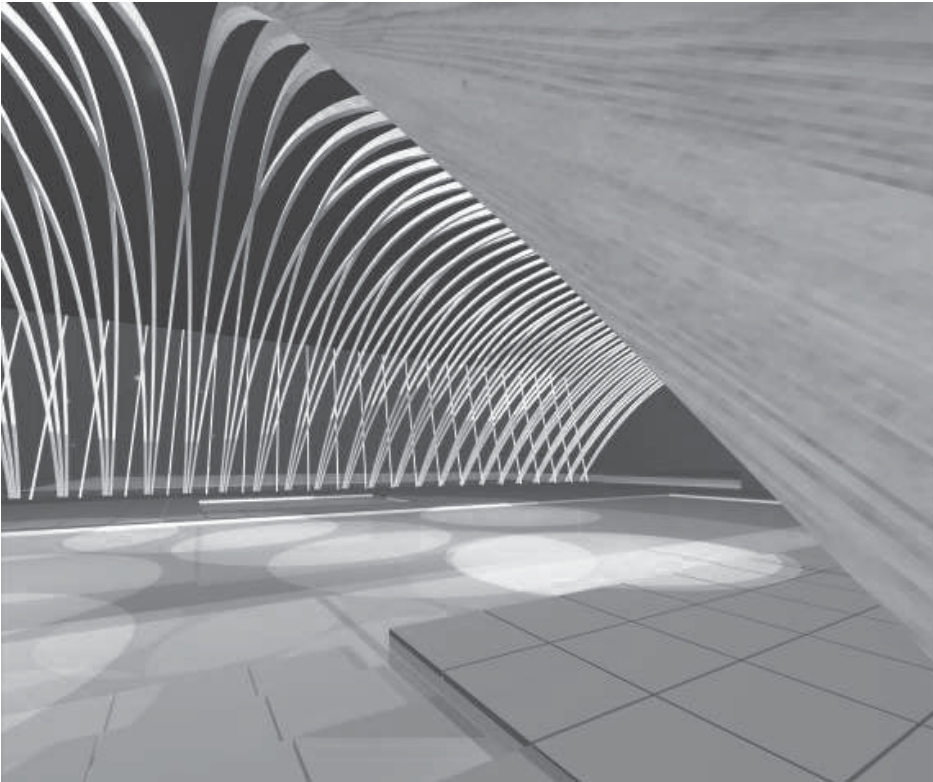
Hallin kantavan rakenteen ja ulkovaipan erimuotoisuus antaa eri mahdollisuuksia julkisivujen muodostamiselle. Julkisivun aukotuksen määrää ja sijaintia voidaan kehittää eri teknisten tarkastelujen myötä. Oleellista on säilyttää maantason visuaalinen ja liikenteellinen yhteys ulos näkymien ja auringon suuntaan.

Hallin ilmanvaihto- ja sähkötekniikka sijoitetaan kantavan rakenteen ja vaipparakenteen väliin. Järjestelmät ovat huollettavissa taka-alalla. Vaipparakenteen energiankulutuksen vähentämiseksi julkisivun lasipinta-alaa voidaan vähentää ainakin osittain kiinteällä ulkoseinärakenteella. Oleellista on säilyttää lattiatasossa näköyhteys ulos. Ylempänä rakenteen läpi tulevaa valoa voidaan korvata keinovalolla ilman, että rakenteen arkkitehtoninen ilmaisu muuttuu.

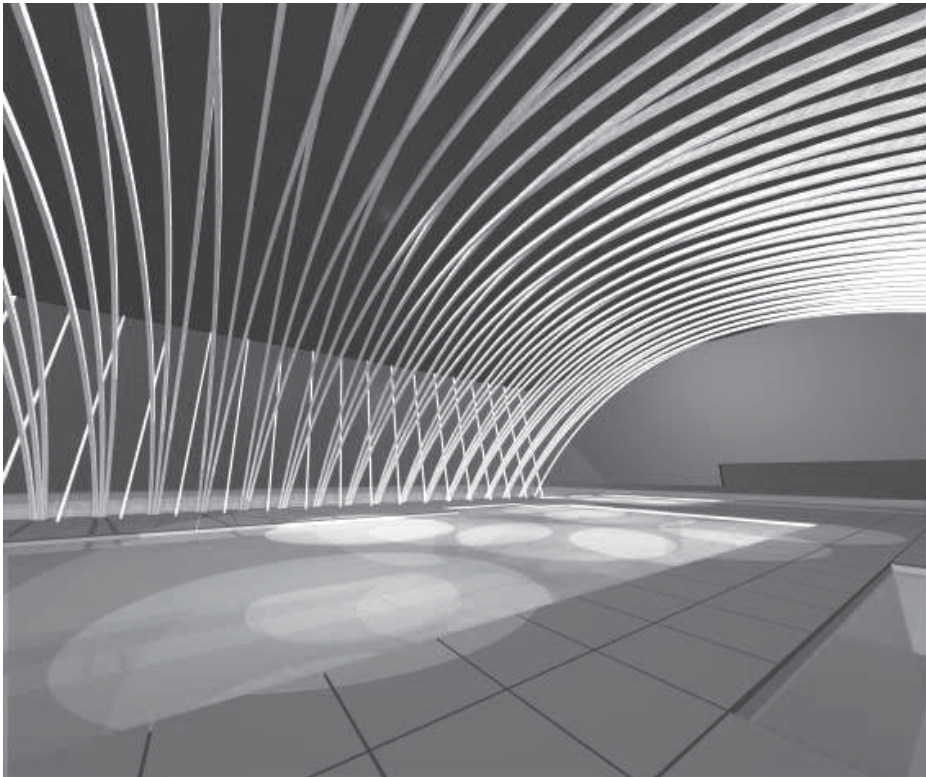


**Kuva 6.18.** Terapia-allasosaston keskeinen arkkitehtoninen ja visuaalinen ominaisuus on kaartuvien ”korsien” alle muodostuva suojaisa tila. Kaaret muodostavat tiheän asettelunsa johdosta ohuen ja keveän pinnan. Rakenteen yläpuolelle on sijoitettu talotekniikkaa, minkä ansiosta sen rooli visuaalisessa yleisnäkymässä on vähäinen. Valaistus kohdistetaan puurakenteisiin ja toiminnalliseen perustasoon.

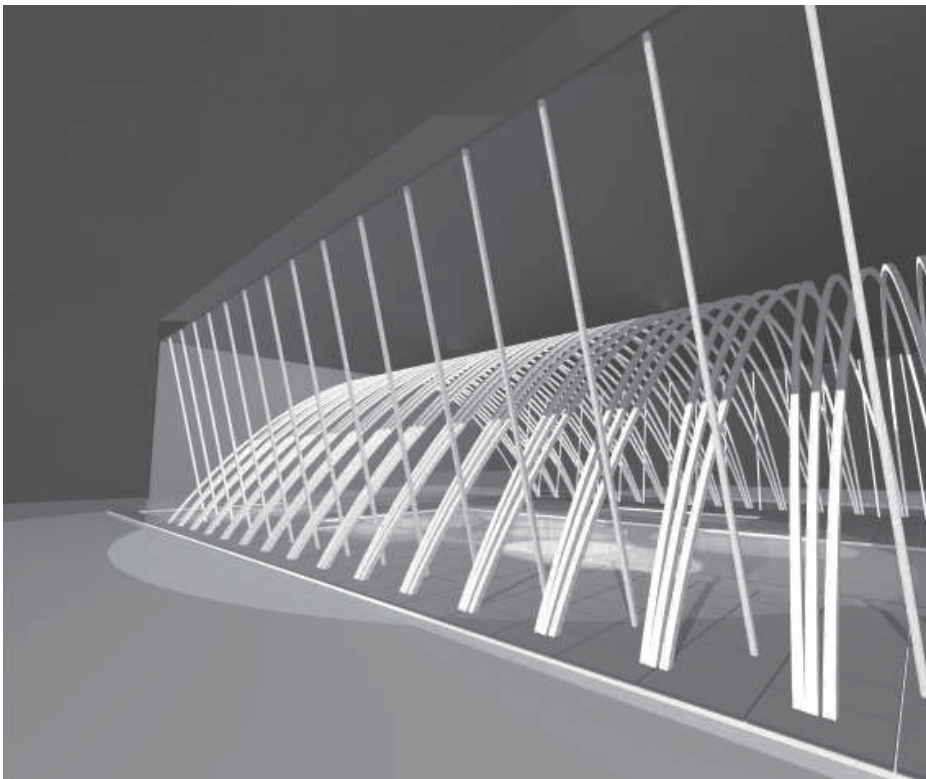




**Kuva 6.19.** Puumateriaalin käsin kosketeltavuus tulee esiin terapia-allasosaston sisätilassa. Perustasosta lähtevät kaaret ja sauvat aikaansaavat erityisiä kohtia, jotka soveltuvat esimerkiksi oleskeluun ja istuskeluun. Puurakenne on kauttaaltaan näkyvissä hallitilassa, jolloin sen rakenteen ymmärrettävyys ja tekotapa ovat helposti havaittavissa. Niin ikään sen tekninen kunto on tarkistettavissa, mikä on tärkeä edellytys sisäilmastollisesti vaativassa uimahallitilassa.



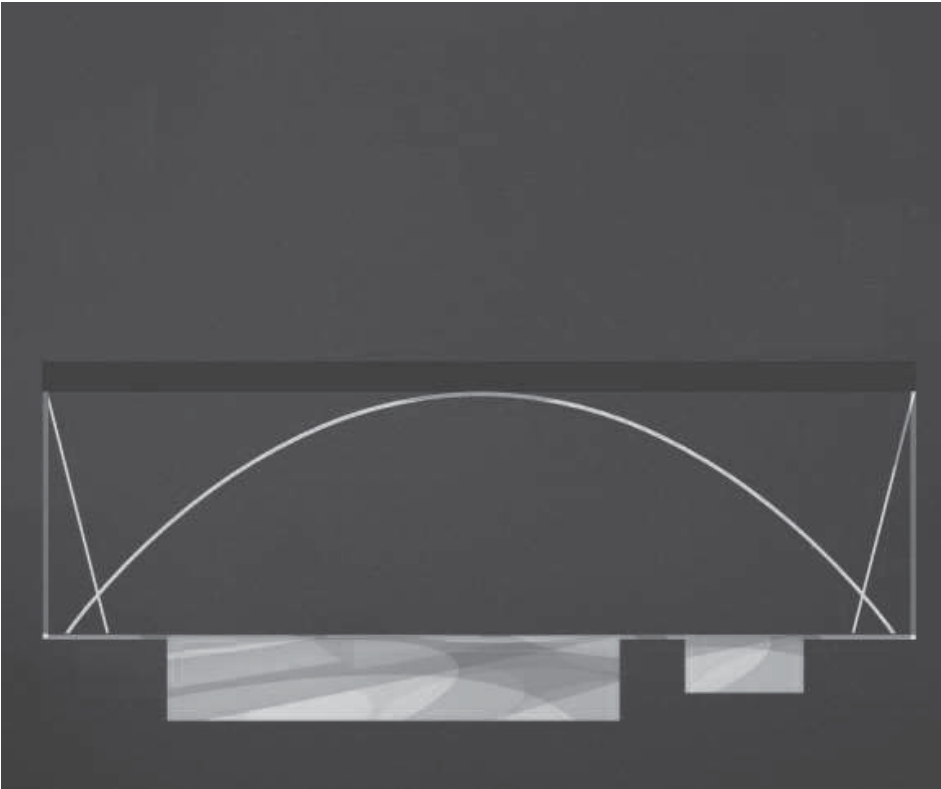
**Kuva 6.20.** Rakenteen kaislamainen arkkitehtoninen vaikutelma. Arkkitehtonisen ilmaisun tavoitteena on suojaavan ja rauhallisen tilan muodostaminen. Tiheä rakenteen asettelu toimii osaltaan myös akustisena vaimentajana. Hallitilan päädyt ovat umpinaisia, jolloin päiväsai-kainen luonnonvalo siivilöityy kaislamaisen rakenteen läpi.



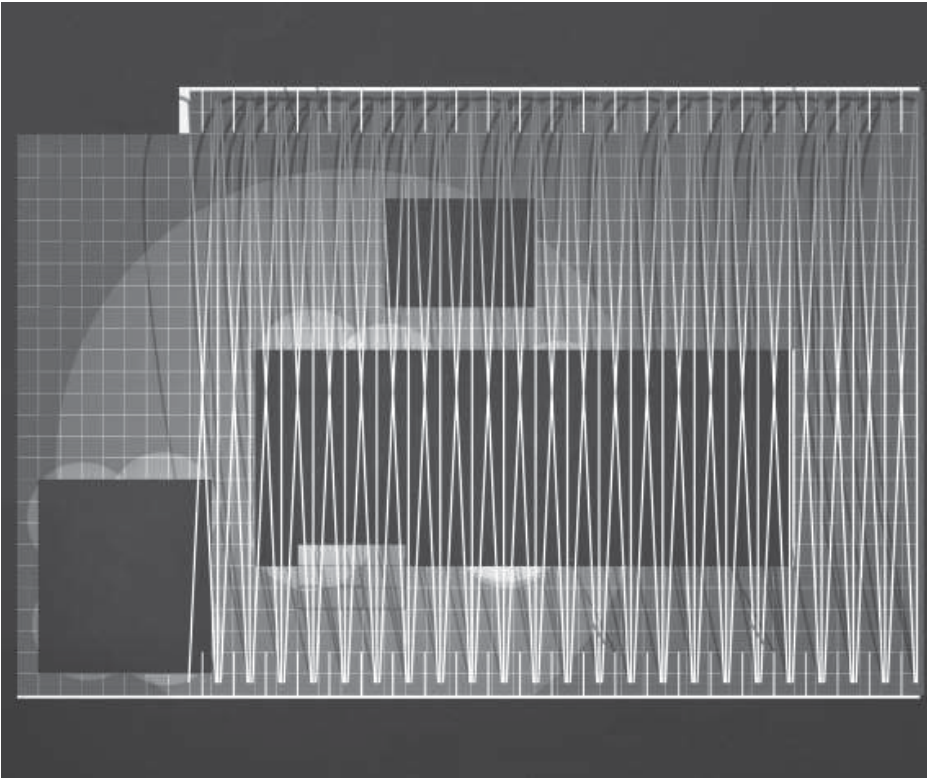
**Kuva 6.21.** Terapia-allasosasto yhdistyy ulkoiselta muodoltaan muiden uimahalliosioiden suorakulmaiseen muotomaailmaan. Kantava rakenne mahdollistaa julkisivun vapaan sommittelun. Julkisivu voidaan toteuttaa lasisena tai osittain umpirakenteena. Ulkoarkkitehtuurissa on tärkeää ottaa esiin myös puurakenteen arkkitehtoniset ominaisuudet.



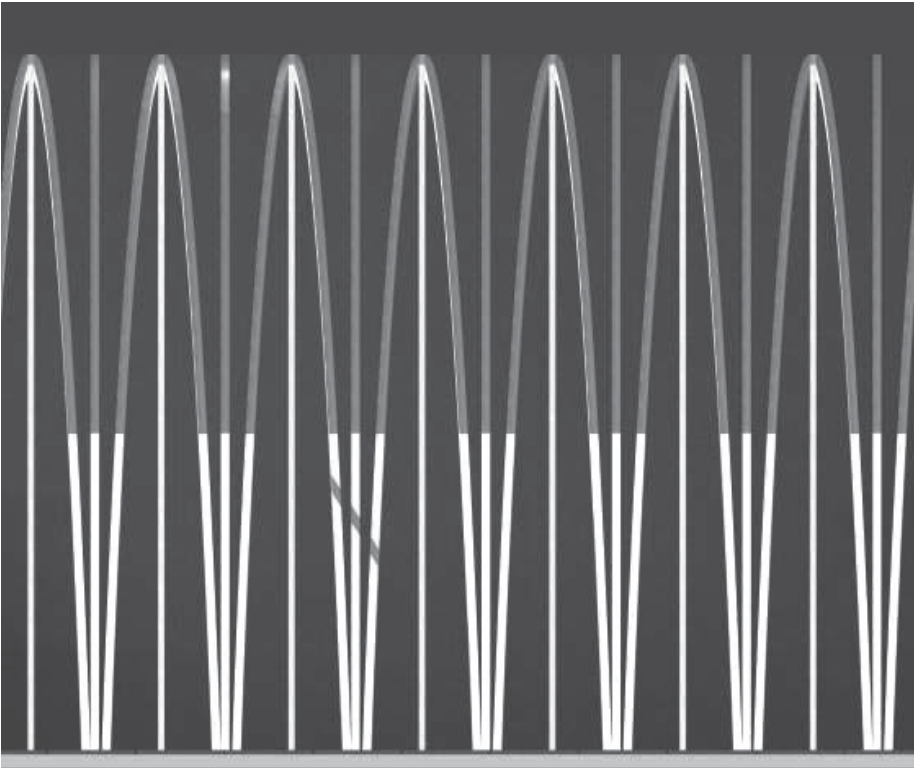
**Kuva 6.22.** Ristiin asettelu ja pitkittäissuuntainen jäykistys. Suunnitelmassa esitetty kaarirakenteen sovellus mahdollistaa kaaren pienet dimensiot, ohuen ja kevyen pinnan kudoksen ja helposti havaittavan rakenteen ilman sekundaarirakennetta.



**Kuva 6.23.** Terapia-allasosaston puinen kaarirakenne ja pitkien sivujen sauvarakenteet kannattelevat vaakasuuntaista palkkirakennetta. Vaakapalkisto sijoittuu yläpohjarakenteen sisään ja jää visuaalisesti piiloon allastilassa. Tämä korostaa entisestään kaislamaisen puurakenteen visuaalista merkitystä. Kaarirakenteen lakipiste puolittaa palkiston jännevälin ja siten mahdollistaa matalamman ja yläpohjarakenteen sisään sijoitettavan palkin. Myös uimahallin sisäilmasto-olosuhteiden näkökulmasta on tärkeää, että yläpohjarakenteen alapinta on erittäin tiivis sekä tasainen.



**Kuva 6.24.** Terapia-allasosasto koostuu pääaltaasta, sivualtaista ja ulkoaltaasta, johon on yhteys sisältä, sekä oleskelutiloista sisällä ja ulkona. Pohjaratkaisun muoto on lähempänä neliötä kuin pitkää ja kapeaa muotoa. Muodon mittasuhteiltaan sisätila ilmaisee matalaa ja leveää muotoa. Suunnitteluratkaisussa neliötä lähestyvä pohjan muoto on muodostunut, kun oleskelutilat ja pienemmät altaat on sijoitettu pääaltaan sivulle, eikä päätyyn. Ratkaisu edellyttää suhteessa leveämpää jänneväliä rakenteelta. Kaarirakenteelle 29 metrin jänneväli on kuitenkin hyvin tavanomainen, melkein pä vähäinen.



**Kuva 6.25.** Julkisivukatkelma. Rakenne on osa ulkoarkkitehtuuria, vaikka sen plastinen käärimuoto ei seuraa ulkoista, särmikästä muodon kokoonpanoa. Tiheä ristiin asettelu saa aikaan arkkitehtonisen ilmaisun, joka on kuitenkin havaittavissa myös ulkotilassa julkisivun pinnan kudoksena.

#### 6.4. Päätelmiä

Tässä tutkimuksessa kehitellyt suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodon ominaisuudet toimivat hyvinä suunnittelun apuvälineinä, koska ne tekevät ratkaisuvaihtoehtoista entistä tietoisempia. Suunnitteluprosessin aikana ominaisuusluokittelulla kyettiin käsittelemään kaikkia esille nousseita suunnittelukysymyksiä.

Suunnitteluprosessi osoitti toisaalta sen, ettei suunnittelu voi edetä systemaattisesti ominaisuudesta toiseen, vaan se edellyttää jokaisen yksittäisen muodon ominaisuuden kohdalla pohdintaa sen vaikutuksista muihin ominaisuuksiin. Suunnittelu pysyy näiltä osin tunnusteltavana ja vaatii aina myös intuitiivista otetta. Esimerkiksi terapia-allasosaston pinnan kudoksen määrittäminen vasta siinä vaiheessa, kun valinta sen kokonaishahmosta ja poikkileikkauksesta oli tehty. Pinnan kudoksen vaikutti puolestaan arkkitehtonisen havaittavuuden ja tasapainon määrittämiseen.

Vaihtoehtoisia ratkaisuideoita muodostui lähinnä kokonaishahmon, poikkileikkausmuodon ja kudokseen vaikuttavien tekijöiden määrittämisessä. Valintoja jouduttiin tekemään osin intuitiivisesti, mutta visuaalisten ominaisuuksien luokitus helpotti eri ratkaisujen vertailua varsinkin merkityssisällön ja muodon keskinäisten suhteiden artikuloinnissa.

Kaikkiaan arkkitehtonisen muodon ominaisuudet toimivat suunnitteluprosessissa apuvälineinä, joiden ansiosta ratkaisuvaihtoehtojen vertailusta tulee entistä tietoisempaa, monipuolisempaa ja perustellumpaa. Nuo ominaisuudet tuntemalla arkkitehti pystyy hallitsemaan arkkitehtonisen muodonannon entistä paremmin, mikä on välttämätön edellytys esimerkiksi puurakenteiden liikuntahallien arkkitehtonisen laadun kehittämiseksi.



## 7. Tulosten tarkastelu

### 7.1. Tulokset ja johtopäätökset

Tämän tutkimuksen lähtökohtana on ollut tarkastella suomalaista suurten puurakenteiden tilannetta suhteessa vastaavaan ulkomaiseen puurakentamiseen. Tämä on tärkeää, koska puurakentaminen on lisääntynyt merkittävästi viime vuosikymmenen aikana. Monet puurakennushankkeet, kuten uudet puukaupunkialueet, konserttitalot, koulut, päiväkodit, toimisto- ja asuinrakennukset, osoittavat, että puuta osataan Suomessa hyödyntää sekä rakennusteknisesti että arkkitehtonisesti jo ansiokkaasti. Selvästi parannettavaa on kuitenkin hal- lirakennuksissa, joissa on pitkät jännevälit ja joissa käytetään suuria puurakenteita. Kehitet- tävää on luonnollisesti aina teknisesti mutta myös arkkitehtonisesti, sillä suurten puuraken- teiden tarjoamia arkkitehtonisia mahdollisuuksia ei meillä osata vielä hyödyntää. Verrattuna moniin ulkomaisiin puurakenteisiin halleihin vaikuttavat suomalaiset toteutukset usein teol- lisuus- tai varastohalleilta. Ongelmaan on syytä löytää uusia ratkaisuja jo siksi, että suuret liikuntahallit jo kokonsa vuoksi vaikuttavat merkittävästi ympäristönsä ilmeeseen, ja toi- saalta siksi, että puurakentamiseen näiltä osin löydetään uusia innovatiivisia rakennustekni- siä ja arkkitehtonisia ratkaisuja.

Näistä lähtökohdista tutkimuksen tavoitteeksi muotoutui selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat suurten puurakenteiden arkkitehtoniseen muodonantoon. Vastattavaksi asetettiin kaksi ky- symystä: Millaisia arkkitehtonisen muodon ominaispiirteitä eri puurakennejärjestelmillä on? Millaisin keinoin suurten puurakenteiden arkkitehtoniseen ilmaisuun ja muodonantoon voi- daan vaikuttaa?

Tutkimus on ollut luonteeltaan käytäntöpainotteinen, mikä tarkoittaa yleistäen sitä, että ark- kitehti pyrkii tutkimuksen keinoin reflektoidaan omaa käytäntöään, jäsentämään sitä teo- reettisesti ja palaamaan tutkimuksen lopussa takaisin käytäntöön. Tutkimuksen tavoitteena on edistää arkkitehtuurin käytäntöä eli tässä tapauksessa puurakenteisten liikuntahallien suunnittelua löytämällä sille uusia, perusteltuja suuntaviivoja ja ratkaisuja.

Tutkimus eteni suurten puurakennejärjestelmien luokituksen ja puurakenteiden historialli- sen katsauksen jälkeen teoreettiseen pohdintaan suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodon ominaisuuksista. Näitä ominaisuuksia käytettiin apuna empiirisessä tutkimusvai- heessa, jossa kohteena olivat eräät, lähinnä ulkomaiset puurakenteiset rakennukset ja tavoit- teena oli näissä käytettyjen arkkitehtonisten ilmaisukeinojen kartoitus. Lopuksi näiden kaik- kien perustalta päädyttiin konkreettiseen suunnitelmaan, jossa kokeellisen suunnitelman avulla osoitettiin, miten suuria puurakenteita voidaan käyttää arkkitehtonisen ilmaisun väli- neenä.

Historiallisessa katsauksessa tuotiin esiin, kuinka pitkä perinne puurakenteiden käytöllä esi- merkiksi Euroopassa on ja kuinka rakennustekninen kehitys on kunakin aikakautena heijas- tunut puurakenteiden arkkitehtoniseen ilmaisuun. Parhaimmillaan puurakenteissa on kyetty ottamaan huomioon tekniset, toiminnalliset ja esteettiset vaatimukset, ja puurakennejärjes- telmien muuttuessa ja jännevälien kasvaessa näissä tavoitteissa on usein pysytty. Tällä het- kellä käytössä olevat puurakennejärjestelmät saavuttivat nykyisen kehitysvaiheensa 1920–

1960-luvuilla. Vaikka teollisesti liimaamalla aikaansaatu puu on nykyisin yleisimmin käytössä suurten puurakennejärjestelmien materiaalina, suuria puurakenteita on kyetty toteuttaa myös sahatarvan ja veistetyin puun avulla. Nykyinen tietous puurakenteiden käytäytymisestä saattaa luoda uuden ajattelutavan, jossa yhdistyvät perinteinen tapa käyttää puuta, kehittynyt laskentatekniikka ja tämän päivän arkkitehtoniset tavoitteet.

Historiallisen katsauksen täydennykseksi selvitettiin jokaiselle nykyiselle puurakennejärjestelmälle luontaisia muotoja. Puurakennejärjestelmät ryhmiteltiin Nattererin (1994) perustalta yhdeksään ryhmään: (1) palkkeihin ja pilareihin, (2) yhdistettyihin palkkeihin, (3) saurarakenteisiin, (4) ristikkorakenteisiin, (5) kehiin ja kaariin, (6) avaruusristikoihin, (7) kupoleihin, (8) kuorirakenteisiin sekä (9) riippurakenteisiin ja ketjutettuihin rakenteisiin. Eri järjestelmille todettiin olevan luontaista tiettyä massan, poikkileikkauksen ja pohjan muodot. Puurakenteiden muotoon vaikuttavat myös liitokset ja jäykistävät rakenteet. Erittely osoittaa, että puurakenteilla voidaan luoda hyvin monenlaisia konstruktioita ja muotovaihtoehtoja, joskin tämän päivän suomalaisissa puurunkoisissa rakennuksissa käytetään lähinnä vain pilari- ja palkkirakenteita, yhdistettyjä palkkeja sekä ristikko-, kehä- ja kaarirakenteita. Muita puurakennemalleja on meillä toteutettu vain yksittäisissä tapauksissa. Kaikkia erilaisia puurakennejärjestelmiä arkkitehtonisine ilmaisumahdollisuuksineen meillä ei siis vielä ole kyetty hyödyntämään.

Osin tämän laiminlyönnin voidaan katsoa johtuvan siitä, että varsinkaan suurten puurakenteiden hallien osalta ei ole riittävän jäsentyneesti pohdittu, mistä niiden arkkitehtoniset ominaisuudet muodostuvat. Tätä pohdintaa oli varsinkin työn teoriaosuudessa eli neljännessä luvussa, jossa selvitettiin puisten kantavien rakenteiden merkitystä arkkitehtonisen tilan, massan ja pinnan kannalta. Huomiota kiinnitettiin erityisesti rakennuksen muodon kokoonpanoon, muodon hahmoon, muodon suhteisiin, pinnan kudokseen, muodon havaittavuuteen ja visuaaliseen tasapainoon. Tämä alkujaan Chingiltä (1979) omaksuttu ja tähän tutkimukseen muokattu luokitus osoittautui käyttökelpoiseksi apuvälineeksi puurakenteiden liikuntahallien visuaalisten ominaisuuksien ja niiden artikuloinnin mahdollisuuksien täsmentämisessä ja erilaisten puurakennejärjestelmien avulla toteutuneiden ratkaisujen tarkastelussa.

Samat ominaisuudet otettiin perustaksi, kun siirryttiin tarkastelemaan eräiden, eri rakennejärjestelmiä edustamaan valittujen, lähinnä ulkomaisten puurakenteiden rakennuskohteiden arkkitehtonisia ilmaisukeinoja. Samassa yhteydessä ominaisuusluetteloa olisi voinut vielä täsmentää, mutta siihen ei osoittautunut tarvetta. Kohteiksi valittiin sellaisia rakennuksia, joita voi perustellusti pitää arkkitehtonisesti tunnustettuina kohteina ja jotka osoittavat konkreettisesti suurten puurakenteiden käyttöön liittyviä arkkitehtonisia keinoja.

Mahdollisimman monessa kohteessa on ollut tavoitteena haastatella rakennuksen suunnittelijoita (arkkitehti tai rakennesuunnittelija) tai saada tietoa suunnitteluun liittyvistä ajatuksista esimerkiksi aiempien suunnittelijan haastattelujen ja julkaisujen avulla. Kohteiden analyysi tapahtui myös paikan päällä havainnoiden tai kohteesta tehtyjen esittelyjen perusteella. Haastattelut tehtiin teemahaastatteluina, joissa selvitettiin rakennuksen suunnitteluidean syntyä, tilaohjelman ja toimintasisällön vaikutusta muodonantoon, arkkitehtonisen ratkaisun ja teknisten ratkaisujen yhteensovittamista ja rakennuksen merkityssisältöön liittyviä tavoitteita.

Tarkastelukohteiden havainnoinnit ja suunnittelijoiden haastattelut osoittivat, että ne arkkitehtonisen muodon ominaisuudet, joita teoriaosuudessa selvitettiin, toteutuivat näissä kohteissa monenlaisina ja vakuuttavina variaatioina. Useimmissa kohteissa nousi esiin yksi tai kaksi keskeistä muodon ominaisuutta, joilla arkkitehtonista ilmaisua oli tavoiteltu. Useissa kohteissa on hyödynnetty tektonisen osan plastista liitosta ja plastista kudosta. Samoin katorakenteiden ilmavuus ja rakennuksen perustasosta visuaalisesti irtautuminen olivat usein käytettyjä arkkitehtonisia keinoja. Kohderakennusten suunnittelijoilla oli selvä pyrkimys kohteilla uusia arkkitehtonisen muodonannon keinoja, mikä oli vaatinut panostusta rakennusteknisiin innovaatioihin ja puun normaalista poikkeavaan käyttöön.

Havaintokohteiden valossa puurakennejärjestelmien luontainen muoto on yleensä näkyvissä myös ulkomuodossa ja kokoonpanossa. Ulkomuotoon on selvästi vaikuttanut kaikissa kohteissa suhde ympäristöön. Kohde on osa luonnonmaisemaa tai yhdyskuntarakennetta, mikä on tällä hetkellä, jälkimodernismin aikana, vallitseva tapa arkkitehtuurissa.

Sen sijaan puurakenteen kudoksen ja siihen liittyvien liitosten näkyminen ulkotilassa on lähes kaikissa esimerkkikohteissa vähäistä. Perussyynä tähän on luonnollisesti säältä ja luonnonvalolta suojautuminen. Näkyvillä olevien suurten puurakenteiden ilmaisu saisi kuitenkin lisää merkitystä, jos edes joiltain osin voitaisiin mahdollistaa näkymä ulkoa sisälle.

Esimerkkikohteet, joista neljä oli 10–12 metrin, yksi 15 metrin, yksi 20 metrin, yksi 25 metrin, yksi 30 ja yksi yli 50 metrin jännevälialueella, osoittavat, että rakenteen laajuudesta riippumatta kyetään löytämään puurakenteen ja arkkitehtonisen ilmaisun vuorovaikutus. Luonnollisesti lyhyemmän jännevälien kohteissa rakenne oli lähempänä käyttäjää ja siten enemmän ”käsin kosketeltavissa”. Toisaalta voidaan todeta, että esimerkkikohteissa esitettyjä rakennusratkaisuja voidaan toteuttaa myös pidempänä jännevälinä, jos tilanne sitä edellyttää.

Joka tapauksessa havainnoidut kohteet ovat osoittaneet, että tietoisella rakennustekniikan ja arkkitehtonisen muodonannon yhteensovittamisella päästään hyviin arkkitehtonisiin tuloksiin ja uusiin tekniisiin sovelluksiin. Useissa haastatteluissa korostettiin juuri rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin yhteistyön merkitystä sekä teorian että käytännön työssä.

Tehtyjen haastattelujen perusteella voidaan olettaa, että muodon ominaisuuksien tietoisella käsittelyllä voidaan hallita suurten puurakenteiden arkkitehtonisia muodonannon haasteita entistä paremmin, mikä on välttämätön edellytys niiden arkkitehtonisen laadun kehittämiseksi.

Näistä teoreettisista pohdinnoista ja empiirisistä havainnoista tutkimus eteni lopulta takaisin suunnittelukäytäntöön. Tavoitteena oli vielä palauttaa tutkimuksen aikana tuotettu tieto käytäntöön. Käytäntöä edustaa tässä teoreettinen tilanne, jossa olemassa oleva uimahalli on tullut elinkaarensa korjaus- ja laajennusvaiheeseen. Tässä työssä laajennusosan ajatellaan olevan terapia-allasosasto. Laajennusosasta tehty suunnitelma on eräänlainen aiempien tutkimusvaiheiden testaus käytäntöön, ja sillä on pyritty osoittamaan, millä tavalla puurakenteisen liikuntahallin arkkitehtoninen suunnittelu voi olla nykyistä tietoisempaa ja jäseny-neempää.

Tutkimuksen eri vaiheissa kehitellyt suurten puurakenteiden arkkitehtonisen muodon ominaisuudet ja havaintokohteista löydetty esimerkkiratkaisut auttoivat osaltaan terapia-allasosaston suunnittelutavoitteiden jäsentämisessä. Toisaalta suunnitteluprosessin osoitti, ettei suunnittelu voi edetä systemaattisesti muodon ominaisuudesta toiseen, vaan edellyttää jokaisen yksittäisen muodon ominaisuuden kohdalla pohdintaa sen vaikutuksista muihin ominaisuuksiin. Suunnittelu pysyy näiltä osin tunnustelevana ja vaatii aina myös intuitiivista otetta. Esimerkiksi terapia-allasosaston pinnan kudosisäälö määritettiin vasta siinä vaiheessa, kun valinta sen kokonaishahmosta ja poikkileikkauksesta oli tehty. Arkkitehtonisen muodon ominaisuudet toimivat siis suunnitteluprosessissa apuvälineinä, joiden ansiosta ratkaisuvaihtoehtojen vertailusta tuli tekijälleen entistä tietoisempaa, monipuolisempaa ja perustellumpaa.

Tämän suunnittelukokeen ja tehtyjen haastattelujen ja havaintojen perusteella voidaan olettaa, että muodon ominaisuuksien tietoisella käsittelyllä voidaan hallita suurten puurakenteiden arkkitehtonisia ominaisuuksia entistä paremmin, mikä on välttämätön edellytys niiden arkkitehtonisen laadun kehittämiseksi.

Siten lähtökohtana olleisiin kysymyksiin – mitkä tekijät vaikuttavat suurten puurakenteiden arkkitehtoniseen muodonantoon, millaisia arkkitehtonisen muodon ominaispiirteitä eri puurakennelajit on ja millaisin keinoin suurten puurakenteiden arkkitehtoniseen ilmaisuun ja muodonantoon voidaan vaikuttaa – on tutkimuksessa saatu vastaukset.

### **Tutkijan omat kokemukset**

Myös omakohtaiset kokemukseni tutkimusprosessin merkityksestä arkkitehtuuri käsitykseni täsmentymiselle ovat selvästi havaittavissa. Ennen tämän työn mukanaan tuomaa teoreettista tarkastelutapaa arkkitehtonisen muodonannon ratkaisuni pohjautuivat selvästi enemmän intuitiivisen päätöksentekoon. Työn opettama lähestymistapa suunnitteluun antaa jatkossa vahvuuksia käsitellä käytännön suunnittelutilanteita analyyttisemmin. Työn tarjoama malli on apuna eri ratkaisuvaihtoehtojen vertailussa ja perustelujen määrittämisessä omille arkkitehtonisille valinnoilleni.

Käytännön työssäni olen huomannut, että juuri eri vaihtoehtojen esittäminen ja perustelujen näkökohtien määrittäminen oikean vaihtoehdon valitsemiseksi ovat tärkeimpiä vaiheita suunnitteluratkaisun hyväksyttämismenettelyssä. Tämänkaltaisen analyyttisen työtapa on hyödynnettävissä suunnittelun kaikissa vaiheissa, kuten suunnittelijan tehdessä ratkaisuja, suunnitteluryhmän tehdessä suunnittelulinjauksia sekä tilaajan, käyttäjän ja valmistajan hyväksyessä niitä.

Toinen tämän työn aikana tapahtunut omakohtainen ajattelutavan täsmennys oli se, että sain työkaluja käsitellä arkkitehtonisella tavalla rakennuskomponentteja eli tässä tapauksessa suuria puurakenteita. Keskeinen työkalu oli kantavien rakenteiden ominaisuuksien määrittely, joka tehdään arkkitehtonisen muodon ominaisuuksien avulla. Se helpottaa sekä arkkitehtia kuvaamaan omia tavoitteitaan että rakennesuunnittelijaa saamaan riittävän täsmennyttä lähtökohtatietoja omalle suunnitteluosuudelleen.

Työ tuo esiin myös sen, että taustatietojen ja suunnitteluaiheen kokonaiskuvan hahmottamiseksi pitäisi varata aikaa jo suunnittelun alkuvaiheessa riittävään historialliseen katsaukseen, tämän päivän kohteiden vertailutarkasteluun ja eri teknisten järjestelmien määrittämiseen, jotta muodostuisi riittävän laaja käsitys siitä, mitä tehtävältä voidaan edellyttää.

## **7.2. Tulosten merkitys, luotettavuus ja hyödynnettävyys**

Tutkimukselliselta otteeltaan käytäntöpainotteinen tutkimus noudattaa samoja periaatteita kuin laadullinen tutkimus. Tutkimuksen tavoitteena on ollut entistä syvemmän ymmärryksen saavuttaminen tutkimuskohteesta, ja työn tieteellisyys kriteereitä ovat pätevyys (validiteetti), luotettavuus (reliabiliteetti) ja uuden tiedon ja ymmärryksen tuottaminen. Tutkimuksen pätevyys (validiteetti) muodostuu siitä, että tutkimus antaa vastauksen asetettuun ongelmaan (esim. Hirsjärvi ym. 2003, 213). Tutkimuksen luotettavuuteen (reliabiliteettiä) ovat vaikuttamassa käytettyjen tarkastelutapojen ja menetelmien johdonmukaisuus ja toistettavuus. (Aura ym. 2001, 51–59.)

Tutkimuksen sisäiseen validiteettiin kuuluu asioiden käsittelyn johdonmukaisuus, kuten niiden teoreettisten näkökulmien esiin tuominen, joihin päätelmät perustuvat, ja tutkimusprosessin seurattavuus (mt., 55–58). Tässä tutkimuksessa sisäisen validiteetin kriteerien täyttyminen on saavutettu suurten puurakenteiden historiallisella tarkastelulla. Se osoittaa, että rakenteilla ja estetiikalla on ollut jo pitkään vuorovaikutussuhde. Teknisten järjestelmien luokittelu ja kuvaus puolestaan antavat käsityksen suurten puurakenteiden rakenneteknisistä mahdollisuuksista. Lisäksi arkkitehtonisen muodon teoreettinen tarkastelu tekee mahdolliseksi hahmottaa ja kuvata erilaisia arkkitehtonisia merkityssisällön käsitteitä.

Ulkoisen validiteetin arviointiin kuuluu tarkastelutavan siirrettävyys esimerkiksi toiseen tutkimukseen (mt., 55–58). Tämä työ esittää etenemisen ja käsittelytavan kautta tarkastelumallin, jonka avulla voidaan tehdä vastaavia tutkimuksia esimerkiksi muilla materiaaleilla vastaavassa tilanteessa tai erityyppisissä käyttötarkoituksissa. Tutkimusmallia voidaan soveltaa esimerkiksi silta-arkkitehtuurissa tai vaikkapa terminaalirakennusten arkkitehtonisen muodonannon määrittämiseen ja perustelemiseen.

Sisäinen reliabiliteetti rakentuu tulosten periaatteellisesta toistettavuudesta, mikä laadullisessa ja käytäntöpainotteisessa tutkimuksessa ei tosin ole aina mahdollista. (Mt., 51–59). Esittämällä esimerkiksi erilaista haastattelu- ja luonnosmateriaalia annetaan lukijalle kuitenkin mahdollisuus tulkintojen ja tehtyjen ratkaisujen perusteiden arviointiin. Haastattelun raportointi pyrkii kuvaamaan haastatteluteeman keskeisiä piirteitä. Suorat lainaukset antavat lukijalle mahdollisuuden todentaa tulkinnat. Lisäksi kuvamateriaali antaa lukijalle mahdollisuuden seurata tulkintojen ja visuaalisten havaintojen suhdetta toisiinsa. Niin ikään käytännön sovelluksessa sekä kuvallinen että kirjoitettu kerronta antavat lukijalle mahdollisuuden tarkkailla suunnitteluratkaisujen perusteluja ja siten muodostaa näkemys periaatteellisesta toistettavuudesta.

Käytäntöpainotteisen tutkimuksen ulkoinen reliabiliteetti liittyy puolestaan tehtyjen tulkintojen käyttökelpoisuuteen muissa tutkimustilanteissa, niiden uutuusarvoon ja siihen, kuinka ne uudistavat tarkasteltua käytäntöä (mt., 51–59). Tutkimuksen uutuusarvo ja käytäntöä muuttava vaikutus ovat sen tavassa jäsentää, monipuolistaa ja konkretisoida suunnittelukäytäntöä suurten puurakenteiden liikuntahallien arkkitehtonisten ominaisuuksien osalta.

Varsinkaan suomalaisessa puurakentamiskäytännössä ei vielä kiinnitetä riittävästi huomiota niihin keinoihin eikä riittävän monipuolisesti hallita niitä keinoja, joilla puurakenteisten liikuntahallien arkkitehtoniseen ilmeeseen voitaisiin vaikuttaa. Näitä keinoja on tässä tutkimuksessa selvitetty, määritetty teoreettisia välineitä niiden käsittelyyn ja annettu konkreettisia esimerkkejä uudentalaiselle rakennustekniikan ja arkkitehtuurin yhteensovittamiselle.

Edellä mainittu tilanne on ollut selvästi havaittavissa tämän tutkimuksen aineistonkeruuhetkellä vuosina 2003–2006. Kun asiaa arvioidaan tällä hetkellä, huomataan, että Suomessa tilanne on edelleen sama, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta ja erityisesti jos vertaamme Suomea Keski-Euroopan tilanteeseen ja siellä viimeaikaiseen kehitykseen. Yhtenä selittävänä tekijänä on luonnollisesti se, että Suomessa ei juurikaan ole toteutettu suurten puurakenteiden näkyviin jäävää arkkitehtuuria viimeisen 15 vuoden aikana, kuten tämän tutkimuksen johdannossa tuodaan esille.

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu, johdannossa ja eri lukujen yhteydessä, tutkimuksen ajankäyttöä suhteessa aineistonkeruuhetken (2003–2006) ja nykyhetken välillä. Kiinnostavaa on todeta, että näiden arvioiden tulokset entisestään lisäävät sitä käsitystä, että tutkimus on tällä hetkellä tärkeä ja käyttökelpoinen Suomessa. Monelta osin ajankäyttöarvioit todentavat, että tutkimus on aikaa kestävä, mikä lisää työn merkittävyyttä. Tutkimus on suunnattu ensisijaisesti suunnittelijoille Suomessa, mutta ilmeistä on, että tässä työssä esitettyjä tai sen pohjalta sovellettavia ajatuksia on mahdollista käyttää vuorovaikutuksessa tilaajan, rakennuttajan, käyttäjän, muiden suunnittelijoiden, viranomaisten tai rakentajan kanssa.



# Lähteet

## Kirjalliset lähteet

- Allsopp, B. 1977. A Modern Theory of Architecture. London: Routledge & Kegan Paul.
- Aura, S., Katainen, J., Suoranta, J. 2001. Arkkitehtuuri: teoria, tutkimus ja käytäntö. Tampere: TTKK Arkkitehtuurin osasto, Suunnitteluperusteet, julkaisuja 3.
- Chilton, J. C. 1998. Puurakenteiden historiaa. Teoksessa Puurakenteet STEP 2. Tampere: Rakennustieto.
- Ching, F. 1979. Architecture: Form, Space & Order. New York: van Nostrand Reinhold.
- Ching, F. 2007. Architecture: Form, Space & Order. Third Edition, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Cornell, E. 1968. Arkitektur historia. Uppsala: Almqvist & Wiksells.
- Detail 1998, 6. Dachtragwerke. Munchen: Institut fur internationale Architektur- Dokumentation GmbH.
- Eskolin, J. 2001. Puurakenteinen liikuntahalli. Tampere: TTKK Arkkitehtuurin osasto, Lis. tutkinto.
- Gattnar, A. & Trysna, F. 1961. Hölzerne Dach- und Hallenbauten. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn.
- Gatz, K. 1964. Decken in Holz. Augsburg: Verlag Georg D. W. Callwey.
- Gibberd, V. 1997. Architecture Source Book. London: Grande Books.
- Glancey, J. 2000. The Story of Architecture. Verona: Dorling Kindersley.
- Groat, L., Wang, D. 2002. Architectural research methods. New York: John Wiley & sons, INC.
- Grönfors, M. 1985. Kvalitatiiviset kenttätöyömenetelmät. 2. painos. Juva: WSOY.
- Gutdeutsch, G. 1996. Building in wood, constructions and details. Basel: Birkhäuser Verlag.
- Harrison-Moore, A., Rowe, D. 2006. Architecture and design in Europe and America, 1750-2000. Malden. Blackwell Publishing Ltd.
- Heikkilä, J., Koiso-Kanttila, J. 2007. Patinoituu ja paranee – Moderni puukaupunki tutkijakoulu 2003–2006. Oulu. Oulu University Press.
- Herzog, T., Natterer., Sweitzer., Volz., Winter. 2003. Holzbau Atlas. Saksa: Birhauser Verlag AG.



- Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2003. Tutki ja kirjoita. 6.–9. painos. Jyväskylä: Kirjayhtymä.
- Hess, F. 1943. Konstruktion und Form im Bauen. Stuttgart: Julius Hoffmann Verlag.
- Hesselgren, S. 1969. The language of architecture. Lund: Student litteratur.
- Hoffman, K. & Griesse, H. 1966. Bauen mit Holz. Geislingen: Julius Hoffman.
- Jencks, C. 1977. The Language of Post-modern Architecture. London: Academy Editions.
- Jencks, C. 1985. Modern Movements in Architecture. Middlesex: Penquin Books Ltd.
- Jencks, C. 2002. The New Paradigm in Architecture. New Haven and London: Yale University Press.
- Keronen, A. 2002. Puuhallin rakenteet. Helsinki: Wood Focus.
- Kähkönen, L. 1992. Kantavat puurakenteet–insinööriopetus. Helsinki: Rakentajan Kustannus.
- Laitinen, E. (toim.) 1995. Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto.
- Lindberg, C. 1940. Rakennustaiteen historia. Porvoo: WSOY.
- Lundsten, B. 2000. Varhaiset puurakennukset. Teoksessa E. Paloheimo (toim.) Metsä ja puu IV. Tampere: Rakennustieto.
- Mallgrave, H. 2006. Architectural Theory, Volume I an Anthology from Vitruvius to 1870. Malden. Blackwell Publishing Ltd.
- Mallgrave, H., Contandriopoulos, C. 2008. Architectural Theory, Volume II an Anthology from 1871-2005. Malden. Blackwell Publishing Ltd.
- Natterer, J., Herzog, T., Volz, M. 1994. Holzbau Atlas Zwei. Munchen: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Institut fur Internationale Architektur- Dokumentation.
- Nesbitt, K. 1996. Theorizing a new agenda for architecture. New York: Princetown Architectural Press.
- Niukkanen, I., Oksala, T. 1986. Rakennuksen laatukriteerit. Helsinki: Rakennushallitus.
- Norberg-Schulz, C. 1985. Intentions in Architecture. Massachusetts: The Massachusetts Institute of Technology.
- Norwich, J. J. (toim.) 1987. Byggnadskonst, världens arkitektur genom tiderna. Stocholm: Wahlström & Widstrand.

Otto, F. & Trostel, R. 1962. Zugbeanspruchte Konstruktionen, Band 1. West Berlin: Ullstein Fachverlag.

Otto, F. & Schleyer, F. K. 1966. Zugbeanspruchte Konstruktionen, Band 2. West Berlin: Ullstein Fachverlag.

Paulsson, G. 1938. Träbyggnadskonst. Stockholm: Lindfors bokförlag.

Pevsner, N. 1963. Euroopan arkkitehtuurin historia. 7. painos. Helsinki: Otava.

Raeburn, M. 1980. Architecture of the western world. Hong Kong: Rizzoli International Publications.

Ragsdale, D. 2011. Compelling Form: Architecture as Visual Persuasion. Newcastle upon Tyne. Cambridge Scholars Publishing.

Salonen, K., Keronen, A., Lod, T. 2002. Puuhallin suunnittelu. Helsinki: Wood Focus.

Swanger, K & Seiden, A. (toim.) 1996. Informationdienst Holz 10. Düsseldorf: AGH.

STEP 1. 1998. Teoksessa Kurkela, J., Lahtinen, R., Muilu, J., Mäki-Ketelä, L. (toim.). Puurakenteet. Helsinki: Rakennustieto.

STEP 2. 1998. Teoksessa Kurkela, J., Lahtinen, R., Muilu, J., Mäki-Ketelä, L. Puurakenteet. Helsinki: Rakennustieto.

Valkama, A. M. (toim.) 1999. Puu-99. Tampere: TTKK.

Wedler, B. (toim.) 1961. Hölzerne Hausdächer. 7. Auflage. Düsseldorf: Verner Verlag.

Zevi, B. 1978. The Modern Language of Architecture. Washington: University of Washington Press.

Ålander, K. 1954. Rakennustaide renessansista funktionalismiin. Porvoo: Werner Söderström osakeyhtiö.

2G. 1997. II. Toyo Ito. Barcelona. Editorial Gustavo Gili, SA.

### **Kuvalähteet**

Julkaisussa esiintyvät graafiset kuvat, joissa ei ole lähdeviitettä, ovat tekijän.

Julkaisussa esiintyvät tekijän laatimat graafiset kuvat, joissa on käytetty apuna lähdettä ovat mainittu tekstissä ja tässä luettelossa.

Julkaisussa esiintyvän valokuvan tai graafisen kuvan lähde on mainittu tekstissä ja lähdeviitteessä on merkintä "Kuva:".

Architectural Design 1997, 9/10. New science = new architecture. West Sussex: Wiley-Academi.

Architectural Design 1998, 5/6. Hypersurface architecture. West Sussex: Wiley-Academi.

Architectural Design 2004, 3. Emergence. Morphogenetic design strategies. West Sussex: Wiley-Academi.

Architectural Design 2004, 4. The challenge of suburbia. West Sussex: Wiley-Academi.

Architectural Review 2001, December. Hannover 2000. London: Emap Construct.

Arkkitehti 2004, 4. Puu. Helsinki: Suomen Arkkitehtiliitto.

Bauen mit Holz 1999, Februar. Fachzeitschrift für konstruktiven Holzbau und Ausbau. Karlsruhe: Bruderverlag.

Chilton, J. C. 1998. Puurakenteiden historiaa. Teoksessa Puurakenteet STEP 2. Tampere: Rakennustieto.

Ching, F. 1979. Architecture: Form, Space & Order. New York: van Nostrand Reinhold.

Ching, F. 2007. Architecture: Form, Space & Order, 3<sup>rd</sup> ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Cornell, E. 1968. Arkitektur historia. Uppsala: Almqvist & Wiksells.

Dow J. Awad M. 2002. Valokuvat kohteesta ruokalarakennus, Ontario, Kanada. (postitettu tekijälle syyskuussa 2005)

Detail 1998, 6. Dachtragwerke. München: Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH.

Gattnar, A. & Trysna, F. 1961. Hölzerne Dach- und Hallenbauten. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn.

Gatz, K. 1964. Decken in Holz. Augsburg: Verlag Georg D. W. Callwey.

Glancey, J. 2000. The Story of Architecture. Verona: Dorling Kindersley.

Herzog, T., Natterer., Sweitzer., Volz., Winter. 2003. Holzbau Atlas. Saks: Birkhauser Verlag AG.

Hess, F. 1943. Konstruktion und Form im Bauen. Stuttgart: Julius Hoffmann Verlag.

Informationdiens Holz 2001, Dezember. Industrie- und Gewerbebauten. Düsseldorf: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V.

Lundsten, B. 2000. Varhaiset puurakennukset. Teoksessa E. Paloheimo (toim.) Metsä ja puu IV. Tampere: Rakennustieto.

Natterer, J., Herzog, T., Volz, M. 1994. Holzbau Atlas Zwei. Munchen: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Institut für Internationale Architektur- Dokumentation.

Otto, F. & Trostel, R. 1962. Zugbeanspruchte Konstruktionen, Band 1. West Berlin: Ullstein Fachverlag.

Puu. 3/2008. Puuinfo Oy. Forssan kirjapaino.

Puu. 2/2010. Puuinfo Oy. Forssan kirjapaino.

Puu. 2/2012. Puuinfo Oy. Forssan kirjapaino.

Puu. 1/2017. Puuinfo Oy. Forssan kirjapaino.

Raeburn, M. 1980. Architecture of the western world. Hong Kong: Rizzoli International Publications.

Shim, Sutcliffe 2005. Valokuvat kohteesta ruokalarakennus, Ontario, Kanada. (postitettu te-  
kijälle syyskuussa 2005)

STEP 1. 1998. Teoksessa Kurkela, J., Lahtinen, R., Muilu, J., Mäki-Ketelä, L. (toim.). Puuraken-  
teet. Helsinki: Rakennustieto.

STEP 2. 1998. Teoksessa Kurkela, J., Lahtinen, R., Muilu, J., Mäki-Ketelä, L. Puurakenteet. Hel-  
sinki: Rakennustieto.

2G. 1997. II. Toyo Ito. Barcelona. Editorial Gustavo Gili,SA.

### **Haastattelut**

Bolzic, J. ja Cheret, P. 03.10.2005. Stuttgart.

Järvinen, K. 10.09.2005. Helsinki.

Mann, G. ja Capua-Mann, P. 5.10.2005. Lausanne.

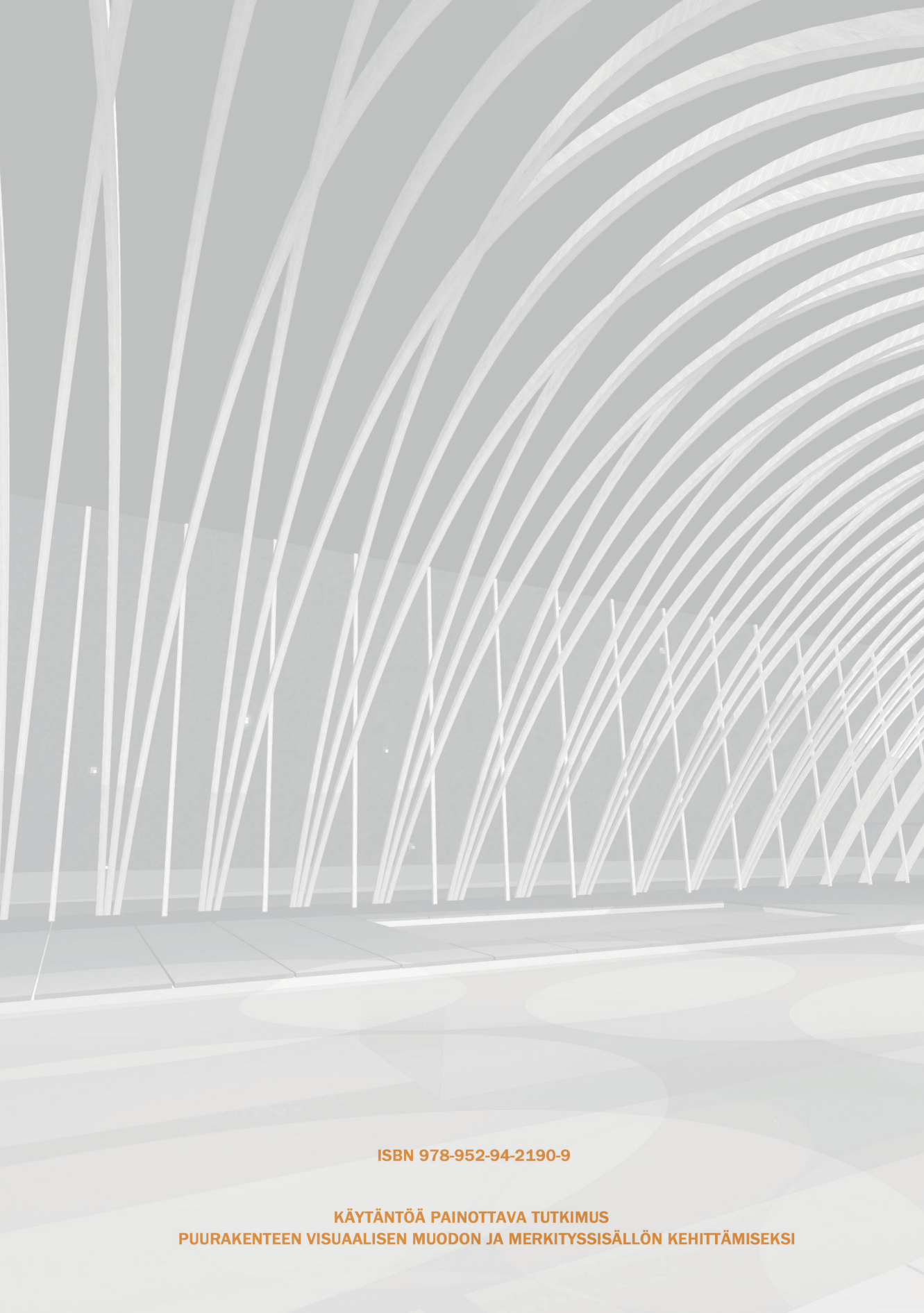
Merz, K. 04.10.2005. Dornbirn.

Puhto, J. ja Salminen, R. 10.09.2005. Helsinki

Shim, B. ja Sutcliffe, H. Sähköpostilla 10.2005.

Schlup. A. 07.12.2004. Luterkofen.





ISBN 978-952-94-2190-9

**KÄYTÄNTÖÄ PAINOTTAVA TUTKIMUS  
PUURAKENTEEN VISUAALISEN MUODON JA MERKITYSSISÄLLÖN KEHITTÄMISEKSI**